

ASFALTO

Y PAVIMENTACIÓN

Número 24 · Volumen VII · Primer trimestre · 2017

número 24





CARRETERA A ESTRENAR CADA DÍA

En Cepsa queremos cuidar y conservar las carreteras siempre en perfecto estado. Por ello, disponemos de una amplia gama de betunes convencionales, desde la Gama ELASTER de última generación en betunes modificados con polímeros, hasta masillas sellantes.

Mantener las carreteras es fácil con los Asfaltos de Cepsa.

Más información en el **91 265 47 13** o en **cepsa.com/asfaltos**



CEPSA

Tu mundo, más eficiente.



Número 24 · Volumen VII
Primer trimestre · 2017

ASFALTO Y PAVIMENTACIÓN

Director

Juan José Potti

Comité de Redacción

Andrés Costa, Jesús Felipo,
Jacinto Luis García Santiago,
Lucía Miranda, Jorge Ortiz,
José Luis Peña, Nuria Querol,
María del Carmen Rubio,
Ángel Sampedro, José Antonio Soto,
Miguel Ángel del Val

Secretario

Andrés Pérez de Lema

Coordinador

José Carlos Cámara

Secretaría

Lies Ober

Editorial Prensa Técnica, S. L.

Castiello de Jaca, 29 3º Puerta 2
28050 Madrid
Tel. 91 287 71 95
Fax 91 287 71 94
Directo 629 877 460
www.asfaltopavimentacion.com
asfalto@asfaltopavimentacion.com

Suscripción anual (4 números)

España: 10 €
Extranjero: 12 €

ISSN: 2174-2189
Depósito Legal: M21967-2011

Prohibida la reproducción, total o parcial,
de los contenidos aparecidos en esta
publicación sin previa autorización
por escrito.

Las opiniones vertidas en esta revista
son de responsabilidad exclusiva
de sus autores, sin que Editorial Prensa
Técnica, S. L. los comparta
necesariamente.

Sumario

Número 24 · Volumen VII · Primer trimestre · 2017

Editorial

Camino hacia la descarbonización de la sociedad

05

Tribuna

María del Carmen Rubio

07

Tribuna

Ángel Sampedro

09

Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

José Ramón Marcobal Barranco, José Peláez Vilches,
Miguel Tejeda Matías, Marcos Rubio Blanco, Oriol Negrell Vila

11

Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obras

Carmen Calvo, Javier Loma, José Luis Peña

19

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas

Andrés Costa

29

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

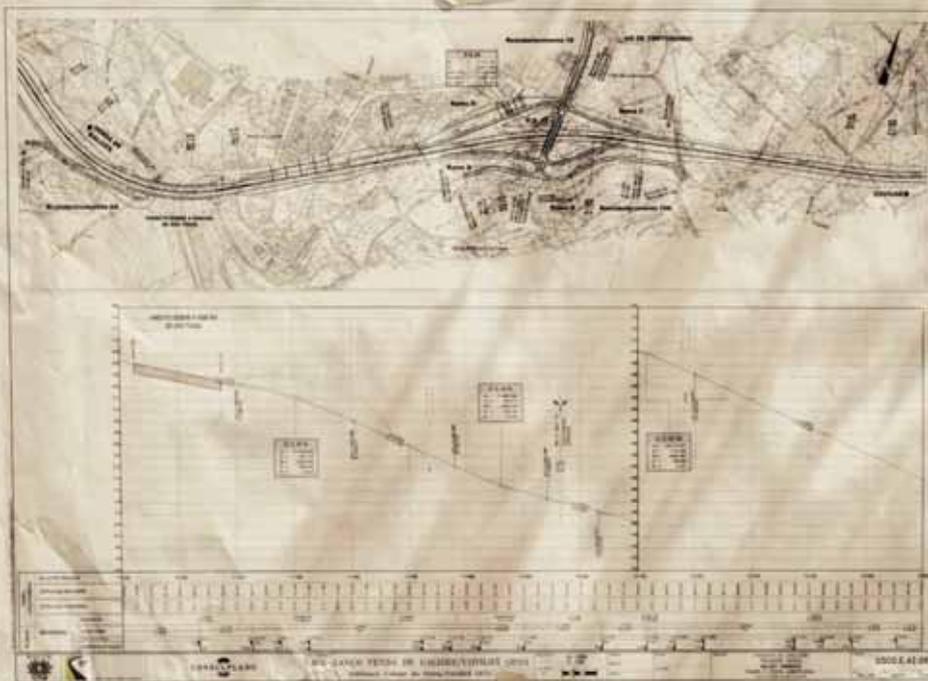
Juan A. Romero Lacasa, Anna París Madrona

37

Secciones fijas

Descripción de ensayos para mezclas bituminosas,
Normativa, Noticias, Calendario, Mirando al pasado,
Lecturas recomendadas, Lecturas comentadas, I+D,
Redes sociales, Afirmaciones asfálticas

43



1/4 de obra es obra nuestra

Quien está acostumbrado a acometer grandes proyectos sabe que confiar en Galp Energía significa tranquilidad al respecto de una parte de su obra. Desde los combustibles y el fuelóleo pasando por los betunes, Galp Energía garantiza un servicio y un acompañamiento técnico orientado al cliente y sin errores en los momentos críticos. Una seguridad que sólo alguien que está cerca del cliente puede ofrecer. Use nuestra energía y manos a la obra.

Tel.: 91 714 67 00 - Fax: 91 714 68 71 - E-mail: buzon.espana@galpenenergia.com



Camino hacia la descarbonización de la sociedad

 Las mezclas asfálticas, el material más utilizado en el mundo en obras de pavimentación, mantienen unos procesos de innovación continua que van a permitir su adaptación y rápida respuesta ante el principal reto ambiental del siglo XXI, la descarbonización.

A finales de 2015 tuvo lugar en París la vigésimo primera sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), así como la undécima sesión de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes del Protocolo de Kioto (CMP11). La COP21, o Cumbre del Clima de París, terminó con la adopción del Acuerdo de París que establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020.

Las políticas derivadas de esta cumbre afectarán al sector de la pavimentación de una forma muy directa, tanto en las necesarias actuaciones para reducir emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), lo que se conoce como mitigación, como en la también necesaria adaptación de las carreteras, existentes y futuras, a los efectos del cambio climático.

Más recientemente, a finales del año pasado, se ha celebrado la siguiente Cumbre del Clima, la Cumbre de Marrakech (COP22), en la cual se han reafirmado los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París.

Como dato global y final, que permite comprobar el grado de descarbonización hacia el que se debe tender, la Unión Europea tiene publicada su hoja de ruta para reducir, globalmente, un 80% sus emisiones de GEI en el año 2050. Y, el sector del transporte, dentro del cual está enmarcada la carretera, debe reducir sus emisiones, en este plazo, en un 60%.

Queda claro, por lo tanto, que las emisiones de GEI y el consumo energético han pasado a ser los factores ambientales y económicos más importantes, lo cual, unido a la importancia que tiene para la sociedad el problema del cambio climático, colocan a las citadas emisiones como el factor de sostenibilidad global, entendida esta como la su-

ma de sus tres vertientes (económica, social y ambiental), más importante en la sociedad actual y durante la primera mitad del siglo XXI.

El sector de la pavimentación asfáltica es consciente de ello en el ámbito internacional. Lo corroboran las últimas publicaciones, tanto de la Asociación Europea de Pavimentación Asfáltica (EAPA) como de la Asociación Norteamericana de Pavimentación Asfáltica (NAPA), en las cuales se establecen directrices, experiencias y conclusiones muy claras acerca del papel relevante que debe tener la huella de carbono como factor ambiental para la toma de decisiones.

Estamos ante uno de los sectores más implicados en la necesaria innovación y sostenibilidad que la sociedad exige a cualquier actividad. Y esta afirmación está constatada, por escrito, en todo lo publicado en esta revista desde su primer número.

Gracias a los trabajos de investigación realizados, están disponibles, para su implantación, las técnicas necesarias para reducir de forma importante la huella de carbono: mezclas asfálticas fabricadas a menores temperaturas, empleo de altas tasas de asfalto recuperado, mezclas de mayor durabilidad, etc.

Pero además, hay circunstancias muy peculiares. Las mezclas asfálticas fabricadas para rehabilitación y mejora de los firmes implican, con pavimentos en un estado adecuado, una importante reducción de emisiones de GEI del transporte que circule por esas carreteras.

Por todo ello, la XII Jornada Nacional de Asefma (#XIIJornadaAsefma), que se celebrará durante los días 30 y 31 de mayo en Madrid, tiene como lema el "Impacto de la conservación de carreteras en las emisiones de CO₂".

Durante estos días los principales expertos europeos del sector debatirán en torno a la influencia que ejerce el estado de conservación de las carreteras en las emisiones de los vehículos que circulan por ellas y, muy especialmente, sobre las emisiones de GEI.

En noviembre de 2016 fue presentado en el Parlamento Europeo el documento titulado "*Road Pavement indus-*

Editorial

tries highlight huge CO₂ savings offered by maintaining and upgrading roads". Este documento, elaborado por las asociaciones EAPA, EUPAVE y FEHRL, pone de manifiesto, de manera concreta, la influencia del estado de conservación de las carreteras en el consumo de combustible de los vehículos y, por tanto, en las emisiones de CO₂.

Más allá de lo evidente, mantener el pavimento en correctas condiciones afecta a la circulación de los vehículos, minora el riesgo de sufrir un accidente, disminuye el consumo de combustible, prolonga la vida del vehículo, etc.

En esta Jornada Nacional de Asefma se abordará el impacto del estado de conservación de todos los tipos de carreteras (vías de baja intensidad de tráfico, vías urbanas, carreteras convencionales y autopistas o autovías) en el consumo de combustible, en el ruido generado entre neumático y pavimento, y en las emisiones de gases de efecto invernadero, para poner de manifiesto que la conservación

de las carreteras no es sólo uno de los pilares del bienestar social, sino también una necesidad ambiental.

ESPECIALISTAS EN LA CARRETERA

Infraestructuras, equipamientos y materiales



Editorial Prensa Técnica

Castiello de Jaca, 29, 3º Puerta 2 • 28050 Madrid
Tel. 91 287 71 95 • Directo 629 877 460
E-mail: info@editorialprensatecnica.net
Web: www.editorialprensatecnica.net

Carreteras del futuro



María del Carmen Rubio

Universidad de Granada.

 @maycarubio

Considerando la velocidad de implementación de las tecnologías sostenibles en carreteras, ¿cuándo llegarán las carreteras del futuro a España?

De forma esquemática, el gráfico que reproducimos en la parte inferior de esta página nos muestra la evolución que han tenido las carreteras a lo largo de la historia.

Durante los últimos años, los grandes avances que han tenido lugar en las tecnologías de telecomunicaciones o en la industria automovilística, junto con las demandas de la sociedad en materia de seguridad vial, eficiencia económica y respeto por el medioambiente, han sentado las bases de las

demandas o exigencias a considerar en las denominadas *carreteras del futuro*.

Estas carreteras tendrán que afrontar importantes retos. Entre ellos, tendrán que ser autosuficientes desde un punto de vista energético; transmitir información al usuario de la carretera y al gestor de la infraestructura; deberán posibilitar la circulación de vehículos no tripulados y la recarga de vehículos eléctricos, alargar su vida útil en condiciones de servicio óptimas, y todo ello minimizando las actuaciones de conservación y mantenimiento con objeto de ocasionar las menores molestias posibles a los usuarios. Todo ello realizado bajo criterios de eficiencia económica y sostenibilidad.

La evolución de las carreteras va asociada a las necesidades de la sociedad, desempeñando un papel muy importante en el desarrollo socioeconómico de un territorio. Entre los avances más destacados, se encuentra el desarrollo de las vías de alta capacidad, como respuesta al incremento de vehículos que tuvo lugar en los años 70



y que supuso la optimización del transporte de personas y mercancías, reduciendo enormemente los tiempos de desplazamiento y mejorando las condiciones de seguridad de los mismos.

La siguiente contribución destacable tendría que producirse mediante la incorporación de los avances en materiales y tecnologías que permiten la construcción y conservación de estas vías de alta capacidad bajo criterios de sostenibilidad. En los últimos años se ha hecho un gran esfuerzo en I+D+i en ingeniería de carreteras, que ha tenido como resultado importantes avances entre los que cabe destacar: la reutilización de residuos con objeto de minimizar el consumo de recursos naturales, la utilización de nuevos materiales que permiten alargar la vida de servicio de las carreteras, o el desarrollo de tecnologías de fabricación de pavimentos asfálticos a baja temperatura: Logros que hacen posible la construcción de carreteras sostenibles con altas prestaciones.

Así, pavimentos asfálticos que incorporan polvo de neumático fuera de uso entre sus componentes, ya sea por los denominados procesos de vía seca o vía húmeda, han demostrado que además de facilitar la reutilización de residuos pueden llegar a mejorar las prestaciones mecánicas de los mismos, frente a fenómenos como la fisuración por fatiga (lo que supone alargar la vida del pavimento); del mismo modo, mezclas asfálticas fabricadas con reducciones de temperatura superiores a los 40 grados, disminuyen las emisiones atmosféricas además del consumo energético. No pueden olvidarse los reciclados a alta tasa, cuya aplicación a las tecnologías templadas suponen actualmente una de las soluciones más sostenibles por la importante reducción del consumo de áridos naturales, del aprovechamiento de material reciclado procedente del fresado de firmes deteriorados, con bajas emisiones atmosféricas y mejoras muy destacables en salud ocupacional.

En 2017, podemos decir que gran parte de estas tecnologías están completamente desarrolladas y listas para ser implementadas, pero paradójicamente su implementación es muy reducida, podría considerarse como residual y no se contempla en la mayor parte de los proyectos de construcción/rehabilitación actualmente en ejecución. Cabría preguntarse por qué tecnologías que han demostrado ser menos contaminantes, mas respetuosas con el medioambiente e incluso más económicas, no se están

utilizando de forma generalizada. Y del mismo modo habría que preguntarse, que si no somos capaces de implementar tecnologías ampliamente desarrolladas y contrastadas, cómo vamos a ser capaces de llevar a nuestra red de carreteras todos los materiales y tecnologías necesarias para que las denominadas carreteras del futuro lleguen a ser una realidad.

Si queremos que nuestras carreteras continúen impulsando el crecimiento económico y el bienestar social, habrá que continuar apostando claramente por la I+D y llevar a cabo un cambio radical en cuanto a la innovación se refiere. Es esencial hacer posible la transferencia de los buenos resultados de la I+D a las carreteras y eso solo será viable si se apuesta de forma decidida por la innovación, lo que ha de materializarse en los proyectos y obras de carreteras. De esta forma y solo de esta forma podremos hacer realidad las carreteras del futuro.

Se podría concluir que las carreteras del futuro deberán preservar las prestaciones y el avance que supusieron las vías de alta capacidad, haciéndolo de forma sostenible y posibilitando la implementación de características propias de los sistemas inteligentes (tanto desde el punto de vista de la infraestructura, de sus gestores y de los usuarios).

Pavimentación 4.0



Ángel Sampedro
Universidad Alfonso X
el Sabio (UAX).

 @angelsampi

El concepto Industria 4.0 o Industria Inteligente marca lo que debe ser una nueva revolución de cualquier sector ante el nuevo mundo en el que estamos inmersos, ante el cual debemos adaptarnos e intentar, en la medida de lo posible, liderarlo para alcanzar el deseable objetivo de las "*carreteras inteligentes*" o "*smart roads*".

Trasladando este concepto al sector de la pavimentación debemos empezar a pensar en esta revolución materializada en el concepto de la *Pavimentación 4.0*, como una revolución cultural y tecnológica que transforme nuestro sector, como una oportunidad de mejora competitiva, y como un reto a abordar conjuntamente por las personas, empresas, asociaciones, universidades, centros tecnológicos y administraciones.

En opinión del autor este concepto implicaría la implantación inmediata de dos estrategias básicas: la sostenibilidad ambiental y la transformación digital.

La **sostenibilidad ambiental** impone diseñar, fabricar y construir los firmes de la carretera que impliquen las menores afecciones ambientales, lo cual es algo que ya se conoce cómo hacerlo pero que, lamentablemente, no se aplica en su totalidad. No se entiende que, a día de hoy, las normativas de diseño de secciones de firme no adopten criterios ambientales para la toma de decisiones durante la fase de proyecto.

Para ello, se dispone del suficiente nivel de conocimiento y desarrollo de las herramientas de Análisis del Ciclo de Vida que, correctamente aplicadas, permiten elegir los procedimientos y técnicas en la fabricación y construcción de los firmes de carreteras que suponen las llamadas *mejores técnicas disponibles (MTD)*. Se trata de analizar y definir las téc-

nicas, para la elaboración final de cualquier producto o servicio, que supongan los procesos más eficientes energéticamente y respetuosos con el entorno.

Dentro de la sostenibilidad ambiental es fundamental considerar dos criterios básicos, la reciclabilidad de los materiales, por un lado, de tal forma que sea viable su reutilización en la construcción de nuevos firmes cuando finalice ese período de servicio. Y, por otro lado, su durabilidad, que implica la reducción de los costes de operación asumidos por los usuarios, la reducción de los costes de mantenimiento, y una mejora clara de la sostenibilidad (social, económica y ambiental).

Se está describiendo un concepto que, aunque asumido en cierta forma desde siempre, se presenta ahora como novedoso y necesario para la sociedad, el *ecodiseño*, que significa que la sostenibilidad ambiental es tenida en cuenta a la hora de tomar decisiones durante el proceso de desarrollo del firme o pavimento.

El objetivo del ecodiseño es reducir el impacto ambiental de este producto a lo largo de todo su ciclo de vida, entendiendo como tal todas las etapas de su vida, desde la producción de los componentes y materias primas necesarias para su obtención, hasta su eliminación una vez que finaliza su vida útil.

Este objetivo se enmarca dentro de la Economía Circular, que consiste en reducir tanto el consumo de materiales como la producción de desechos en cualquier proceso, cerrando los bucles o flujos económicos y ecológicos de los recursos. La economía circular va mucho más allá del reciclaje, imponiendo un rediseño de los productos para facilitar el reaprovechamiento de los materiales en sucesivas vidas o etapas.

Quedaría así justificada y reforzada por estas estrategias, políticas y conceptos ambientales, todos ellos interrelacionados y básicos en la sociedad del siglo XXI, la necesidad del desarrollo y aplicación de metodologías y herramientas que permitan evaluar la sostenibilidad ambiental de los productos y procesos aplicados en la ingeniería de carreteras y, especialmente, en el caso de los materiales para firmes, pues es-

tos pueden llegar a ser los determinantes en la mejora apreciable de la eficiencia energética.

El segundo aspecto que se debe implantar definitivamente en nuestro sector es la **transformación digital**. Esta transformación está suponiendo una nueva revolución industrial, equiparable a la electrificación. Las oportunidades de este nuevo ecosistema digital lo han empezado a percibir de forma más clara en aquellos sectores más ligados al consumidor final (comercio electrónico, turismo, servicios financieros, etc.), pero en nuestro sector también se empiezan a notar los primeros síntomas.

El sector de infraestructuras cuenta, a juicio de los expertos, con un nivel de madurez digital inferior al de otros sectores, a pesar de que se dispone de numerosas herramientas para implantar. Sin embargo, el impulso que se está dando desde el sector de los vehículos y las nuevas formas de movilidad (vehículos autónomos, eléctricos, conectados, etc.) nos obligan a cambiar las reglas del juego del sector, marcando el cambio de la carretera como infraestructura hacia un concepto más amplio, como plataforma de servicios.

Por lo tanto, el sector de la pavimentación debe implantar esta transformación redefiniendo y reorganizando su modelo mediante la implantación de la información digital a través de la captura, procesamiento y análisis de la información digital que permita mejorar las predicciones y la toma de decisiones; la automatización de los procesos; y la conectividad que garantice la interconexión entre la plataforma, el vehículo, el usuario y el resto de stakeholders.

Por todo ello, comencemos a pensar en modo *Pavimentación 4.0*, como un nivel superior que alcanzar. Fue Aristóteles quien, en el libro primero de *Metafísica*, clasificó el co-

nocimiento en ciencia, arte y experiencia. Y, según él, el arte, a diferencia de la ciencia, busca una utilidad a la búsqueda del nuevo conocimiento, como serían, por ejemplo, las técnicas de diseño, fabricación y ejecución de mezclas bituminosas con un menor consumo de nuevos materiales o energía, lo cual implicaría menores costes e impactos ambientales.

Luego, según la clasificación aristotélica, podríamos llegar a considerar la *Pavimentación 4.0* como un arte, al igual que la medicina, la arquitectura, la música, la escultura, la pintura y el dibujo, la literatura, la tauromaquia, las artes escénicas, la cinematografía, la fotografía, etc. Pensemos así, y convirtámonos en artistas...

#54

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“En conservación de firmes las mezclas asfálticas permiten su inmediata puesta en servicio, minimizando congestiones de tráfico, consumos de combustibles y emisiones asociadas”

#HECHOS_ECONÓMICOS

Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

José Ramón Marcobal Barranco, jose.marcobal@upm.es
Sacyr Construcción

José Peláez Vilches, jpelaez@sacyr.com
Sacyr Panamá

Miguel Tejada Matías, mtejeda@sacyr.cl

Marcos Rubio Blanco, mrblanco@sacyr.cl

Oriol Negrell Vila, onegrell@sacyr.cl

Sacyr Chile

El artículo describe el punto de vista de los autores sobre la aplicación de la técnica de la desintegración de pavimentos de hormigón (rubblization o rubblizing). Esta técnica permite eliminar la reflexión de grietas en actuaciones de rehabilitación de pavimentos de hormigón con refuerzo de mezcla bituminosa y consiste en convertir la losa en una base granular de altas prestaciones mediante la aplicación de resonancia por vibración. Diversas consideraciones prácticas se deben tener en cuenta para garantizar el éxito de la actuación.

Palabras clave: hormigón, rehabilitación, rotura de losas, reflexión de grietas, rubblization, rubblizing

This paper describes the experience the authors has gained in applying concrete pavement rubblization. This treatment eliminates reflective cracking in asphalt overlays on PCC pavements and involves totally destroying the slabs and effectively reducing them to a high-performance granular base, applying vibrating hammers to demolish the existing pavement. Several practical issues have to be considered for the success of the treatment.

Keywords: concrete, rehabilitation, fractured slabs, reflective cracking, rubblization, rubblizing

1. Introducción

La técnica de la desintegración de pavimento de hormigón (rubblizing o rubblization) consiste en convertir las losas de un pavimento de hormigón en una base granular de altas prestaciones. Si el lector requiere una información teórica más detallada de esta técnica, puede remitirse a la publicación anterior, "*Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles*", en la que se presentaron con detalle aspectos generales y teóricos de esta y de la rotura controlada de losas en general.

En este texto se exponen algunos resultados de más de diez años de experiencia práctica que los autores han acu-

mulado en la aplicación de la técnica de la desintegración de pavimentos de hormigón (rubblization o rubblizing). La primera experiencia se llevó a cabo en la Autopista del Sol, en Costa Rica. En aquella primera obra, la aplicación de la desintegración del pavimento de hormigón sirvió para rehabilitar un pavimento de hormigón que presentaba claras muestras de "pumping" en la salida de San José hacia el Pacífico. Desde entonces, de la mano de la empresa RMI, se han llevado a cabo varias actuaciones similares en varios países (Foto 1), lo que ha permitido obtener una amplia experiencia de cómo llevar a cabo esta actuación, integrándola dentro de proyectos constructivos complejos.

Esta técnica supone una mejora frente a la reparación de losas previa al extendido de un refuerzo con mezcla bi-

Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

tuminosa, debido a que es más rápida, eliminando los trabajos de sellado de fisuras y microfresado. Esta ventaja es aún más significativa en los casos en los que las losas del pavimento de hormigón presentan huecos en su parte inferior por descompactación o erosión de la base, pues se elimina la necesidad de su inyección con lechada. La desintegración resulta más rápida y más efectiva, pues permite asentar el material contra la base si existen huecos. Su efectividad es mucho mayor que otro tipo de reparaciones, ya que elimina por completo el problema de reflexión de grietas. Además de exponer algunas de las consideraciones prácticas, se incluyen dos ejemplos de aplicación de la técnica en dos infraestructuras diferentes y con dos objetivos distintos.



Foto 1. Desintegración de pavimento de hormigón en Ruta 43. Tramo urbano Pan de Azúcar (Chile)

2. Consideraciones prácticas

Fruto de esa experiencia, se han podido extraer conclusiones prácticas, que permiten obtener mayores rendimientos de esta actuación, anticipar los problemas que pueden ocurrir para evitar paradas o mejorar la coordinación con otras actividades de la obra. Algunas de estas se exponen a continuación.

2.1 Consideraciones antes de aplicar la técnica

- Antes de tomar la decisión de aplicar esta técnica, es muy importante determinar, mediante un estudio específico,

qué tipo de material constituye el apoyo de las losas de hormigón, puesto que el equipo de desintegración no resulta efectivo si las losas apoyan sobre una capa de gran rigidez (hormigón sobre hormigón o material tratado con cemento de elevada rigidez). Esto puede obligar a disminuir la rigidez de las losas previamente a su desintegración mediante un martillo hidráulico, lo que aumenta el coste y baja el rendimiento de forma crítica, como se verá más adelante.

- Igualmente, es necesario garantizar que existirá el despeje lateral necesario para que el equipo resonador pueda trabajar. Debido a que el martillo desintegrador está debajo del equipo, para poder realizar la actuación es necesario un espacio adicional de 80 cm aproximadamente sobre arcenes (bermas) sobre el que pueda apoyar la rueda del equipo y poder lograr el alineamiento de martillo de impacto en el extremo de losa. Esto, en ocasiones, puede llegar a hacer inviable la aplicación de la técnica, como en un proyecto en Perú donde la existencia de un muro en un lateral en un tramo (Foto 2) o de un talud cercano en otro (Foto 3) no permitían garantizar que el equipo pudiera desintegrar la zona exterior de la calzada. También se debe tener en cuenta que, en algunas configuraciones de trabajo, el equipo puede afectar al tráfico del carril contiguo y debe existir la posibilidad de desviarlo hacia la berma.
- De cara a las mediciones, es importante tener en cuenta que el hecho de poder asentar el material desintegrado genera deformaciones en la parte superior, que deben ser rellenadas con mezcla bituminosa, generando sobreconsumos.



Foto 2. Tramo con muro demasiado cercano a la carretera.



Foto 3. Tramo con talud demasiado cercano a la carretera.

- Al igual que en cualquier otra actividad, es importante preparar tramos suficientemente largos para aumentar el rendimiento. Por ejemplo, hay que tener en cuenta que, al tener que dar varias pasadas laterales, el equipo debe realizar una maniobra de cambio de sentido al final de cada pasada y es conveniente reducir estas maniobras por el tiempo que conllevan, que afecta el rendimiento, y por la necesidad de disponer de una zona de mayor anchura en los extremos de los tramos, que no siempre existe. En todo caso, esta preparación de tramos largos no siempre es posible, pero deberá ser tenido en cuenta en la planificación de los trabajos.

2.2 Consideraciones durante la aplicación de la técnica

- En ocasiones, existen zonas puntuales en las que, por cualquier motivo, quedan trozos de tamaño superior al esperado después del paso del equipo (Foto 4). Es importante recordar que con esta técnica se deberían alcanzar tamaños entre 50 y 150 mm. Estas secciones, donde los trozos excedan dicho tamaño, se deben dejar así (no como en la Foto 5), salvo que se compruebe que son debidas a un fallo de la base. Es importante insistir en la idea de que el hormigón desintegrado mantiene unos valores de módulo de elasticidad elevados, gracias a que sus piezas quedan entrelazadas como un puzzle. Por este motivo, si se sustituye este material por base granular se perdería la trabazón, disminuiría el módulo de rigidez de la capa y se tendría un peor comportamiento del firme.
- Los problemas de trozos de gran tamaño aparecen especialmente donde las condiciones de rigidez de la base o del



Foto 4. Zona con fragmentos de gran tamaño.

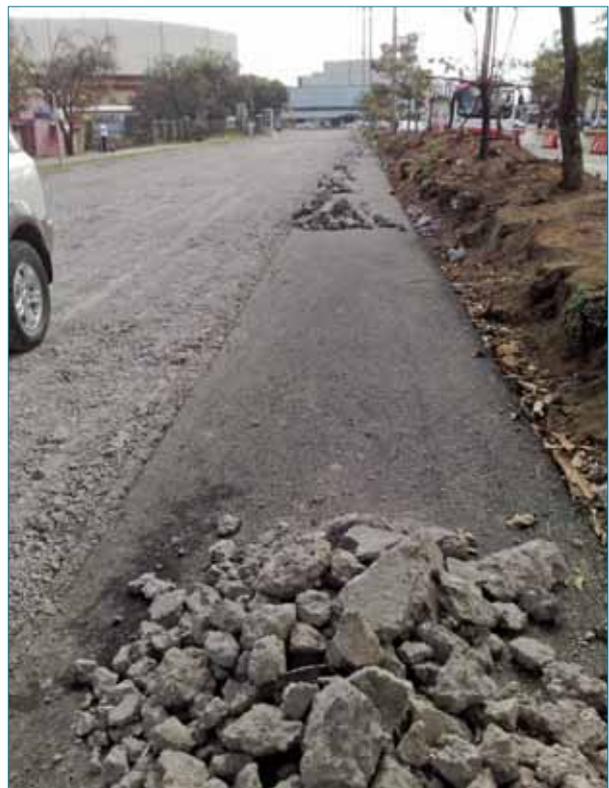


Foto 5. Lo que no se debe hacer: retirar los trozos de mayor tamaño.

lateral del pavimento varían. Es habitual que esto ocurra en los laterales del pavimento de hormigón por distintos motivos: bermas de material granular en mal estado, drenaje deficiente, base que presenta descompactación o erosión por deterioros de esquina, etc. En estos casos, la vibración no se produce en las mejores condiciones y pueden quedar trozos de gran tamaño, como los que se aprecian en la Foto 6.

Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón



Foto 6. Zona deformada por problemas de base. Detalle de una zona puntual con desintegración incorrecta.

Si es evidente que existe un problema en el soporte (grandes deformaciones, manchas de humedad...), tendría sentido sanear puntualmente ese material y parte de la base sustituyéndolo por material granular nuevo, de la misma forma que en las rehabilitaciones de firmes refuerzo de mezcla bituminosa. Debido a la rigidez de las losas de hormigón, resulta difícil detectar estas zonas de forma previa a la actuación, siendo el paso del propio equipo resonador la forma más eficaz de detectarlas. Para realizar estas reparaciones, es recomendable extender, al menos, una capa de mezcla bituminosa antes de realizar la reparación, tal y como se muestra en la Foto 7 de la obra Ruta 5. Tramo: La Serena - Vallenar (Chile). Posteriormente, se puede retirar con cuidado la capa de mezcla hasta descubrir la zona que se quiere sustituir.

- Como se comentó anteriormente, si el apoyo del hormigón es una capa muy rígida, la rigidez del conjunto dificulta el trabajo del equipo. En ocasiones, a pesar de realizar una campaña de testigos o calicatas, no se detectan algunos tramos donde esto ocurre. En las Fotos 8, 9 y 10



Foto 7. Zona deformada por problemas de base. Detalle de la retirada de la capa de mezcla bituminosa antes de la sustitución del material.

se puede ver un caso de una obra en Chile en la que la campaña de calicatas resultó insuficiente para detectar una sección en la que el pavimento de hormigón apoyaba sobre losas de hormigón magro. En estos casos, se debe disminuir la rigidez del conjunto, para lo que es útil emplear un equipo de demolición con martillo hidráulico y perforar en cuatro puntos las losas. Una vez realizada esta actividad, se puede llevar a cabo la desintegración. Este hecho incide en la idea de la importancia del estudio de ingeniería previo, pues de suceder lo anterior, el coste de la actuación aumentará sustancialmente por la baja del rendimiento y por la necesidad de disponer de un equipo adicional.



Foto 8. Desintegración de doble losa de hormigón. Paso 1: Disminución de la rigidez de la losa mediante taladro.



Foto 9. Desintegración de doble losa de hormigón. Detalle de los taladros en el pavimento.



Foto 10. Desintegración de doble losa de hormigón. Paso 2: Desintegración del pavimento.

3. Caso de aplicación en obra de carretera. Chile. Ruta 5. La Serena - Vallenar

Esta actuación de desintegración del hormigón se realizó dentro de la concesión Ruta del Algarrobo. El proyecto contemplaba la construcción de una nueva calzada y la rehabilitación de la calzada existente.

3.1. Antecedentes del proyecto

La calzada existente tenía un tramo con pavimento de hormigón situado entre los PK 478+650 y 483+800, ubicado a la salida de La Serena y con una superficie total de 35.000 m². Como solución de rehabilitación para este tramo, se planteó la realización de la desintegración del pavimento y posterior extendido de dos capas de mezcla asfáltica. Esta calzada quedó como sentido norte. De acuerdo a los planos y testigos extraídos, la losa del pavimento existente tenía un espesor de

18 cm y debajo existía una base granular de 15 cm de espesor y una subbase de 15 cm. El pavimento tenía una anchura de 7 m con dos carriles y arcenes de mezcla bituminosa sobre base granular.

Antes de su desintegración, el pavimento presentaba más de un 40% de losas deterioradas, presentando principalmente grietas de esquina y grietas transversales. Era abundante el desconchado de las juntas transversales (Foto 11). El promedio de IRI medido antes de la actuación era 4,0 m/km en sentido norte y 4,3 m/km en el sentido sur, presentando valores puntuales superiores a 6 en algunos sectores.

El pavimento tenía una deflexión media de 267 μ m, medida con deflectómetro de impacto y una carga de 50 kN.

El proyecto original planteaba dos alternativas para el tratamiento de las losas previamente al refuerzo de mezcla asfáltica: sustitución de losas o desintegración del pavimento. Los desconchados de juntas mostraban un movimiento importante de las losas que preocupaba porque la reflexión de grietas podía ser muy rápida. Esto, junto con el elevado nivel de deterioro que obligaba a sustituir un número importante de losas, hizo que se planteara que la actuación óptima era la desintegración de losas para estabilizar el apoyo del posterior refuerzo de mezcla bituminosa. La solución fue única para todo el tramo y se diseñó para un tráfico de 17,2 millones de ejes equivalentes de 8 t. Consistía en la desintegración del hormigón y en el extendido de una capa intermedia de 5 cm y una capa de rodadura de 5 cm. Esta solución se diseñó siguiendo el método AASHTO 93. Para el hormigón desintegrado se consideró un coeficiente estructural de 0,20. Este valor se seleccionó en base a la experiencia en obras anteriores, donde se realizaron estudios posteriores con deflectome-



Foto 11. Aspecto del pavimento de hormigón antes de la desintegración.

Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

tría para comprobar este valor. En las primeras obras realizadas hace 10 años se consideraron coeficientes de 0,28, que luego resultaron optimistas, pues, salvo en algunos tramos, no se pudieron cumplir. Si bien en este tramo aún no se ha realizado una auscultación de deflexiones, en obras recientes, como la Ruta Concepción - Cabrero (Chile), donde también se ha aplicado esta técnica, los valores de coeficiente estructural obtenidos en el hormigón desintegrado han sido ampliamente superiores a 0,20.

3.2 Descripción de la actuación

El proyecto de desintegración se llevó a cabo en 2015. El equipo utilizado fue el PB-4 de Resonant Machines, Inc. La ejecución de este tramo se desarrolló de la siguiente forma:

- Desintegración del primer carril con tráfico alternativo por el contiguo.
- Desintegración del segundo carril con tráfico por la segunda calzada.
- Refuerzo de mezcla con tráfico por la segunda calzada.

Los rendimientos medios alcanzados en la desintegración del pavimento de hormigón fueron de 500 m²/h. La actuación se realizó carril a carril, manteniendo el tráfico por el carril contiguo, comenzando por el eje de la calzada y hacia el arcén (Foto 12). Para la compactación del pavimento desintegrado, se utilizó un rodillo liso de doble tambor. Posteriormente se extendieron las dos capas de mezcla asfáltica.



Foto 12. Tramo después de la desintegración de un carril.

El principal problema en el tramo fue que la calzada existente de hormigón daba acceso en varios puntos a varias estaciones de servicio. Estos puntos se dejaron sin tocar hasta el final. De esta forma, no se interrumpió en ningún momento el paso a dichas instalaciones. Una vez ejecutado todo el tramo, se actuó sobre estos puntos y se procedió a cubrir inmediatamente con mezcla bituminosa todo el tramo. Esta forma de trabajar genera el problema de que los extremos cercanos a los accesos, el material desintegrado puede no ser homogéneo al reducir el equipo la velocidad para detenerse. En algunos casos, esto obligó a sustituir el hormigón por material de base granular.

4. Caso de aplicación en otras obras. Panamá. Caminos de acceso de las compuertas del Canal de Panamá

Esta obra se realizó dentro de la construcción del Canal de Panamá. La actuación consistió en la desintegración del pavimento de hormigón armado para separar las armaduras y retirar el hormigón.

4.1 Antecedentes del proyecto

Las carreteras de acceso de las compuertas tenían la finalidad de servir de camino al traslado de compuertas desde los muelles hasta su ubicación final en las esclusas. La carretera del lado Pacífico tenía 400 m de longitud y la del lado Atlántico, casi 3 km (Fotos 13 y 14).

Estas carreteras fueron diseñadas teniendo en cuenta que las dimensiones en planta de una compuerta más el equipo



Foto 13. Situación de la carretera de acceso del lado Atlántico.



Foto 14. Situación de la carretera del lado Pacífico.

de traslado eran $40 \times 15 \text{ m}^2$ (600 m^2 aprox.) y su peso, de 4.500 t. Cada rueda soportaba un peso de 10 t (Foto 15). El diseño final del pavimento tuvo las siguientes características:

- Anchura de la carretera: 20 m
- Tipo de pavimento: hormigón armado
- Resistencia del hormigón: HP45 (resistencia a flexotracción a 28 días 4,5 MPa)
- Espesor de losa: entre 25 y 40 cm
- Armadura: doble parrilla #8 cada 20 mm en zona de parking y parrilla simple en el resto
- Disposición de juntas: juntas longitudinales cada 6 m con pasadores y transversales cada 10 m

En este caso, el motivo de la actuación no fue la rehabilitación del pavimento, sino su demolición y retirada, puesto que, posteriormente, esas zonas iban a quedar cubiertas por



Foto 15. Rodaje de una compuerta sobre la carretera de acceso a la esclusa.

agua y dragadas para facilitar el acceso de los barcos a la zona de esclusas.

4.2 Construcción

El proyecto se llevó a cabo en 2015. La empresa que realizó la actuación fue RMI, utilizando el equipo RB-700, el más grande del que disponen. La desintegración se realizó en un total de 100.000 m^2 , considerando la superficie de las carreteras y las zonas de parking de las compuertas (Foto 16). El rendimiento que se alcanzó fue de $800 \text{ m}^2/\text{h}$.



Foto 16. Panorámica de la obra del canal y el equipo de desintegración trabajando.



Foto 17. Detalle de la armadura del pavimento despegada del material desintegrado.

Experiencias prácticas en la desintegración de pavimentos de hormigón

El resultado obtenido fue conseguir romper la adherencia entre la armadura y el hormigón en la mayor parte del pavimento, lo que facilitó la retirada del pavimento (Foto 17).

5. Conclusiones

La técnica de la desintegración de losas de hormigón permite resolver el problema de la reflexión de fisuras, facilitando la rehabilitación de pavimentos de hormigón. Se trata de una técnica que se ha puesto en práctica en proyectos de diversa índole, algunos de los cuales se han descrito en este artículo, habiendo resultado muy efectiva y de alto rendimiento. No obstante, las diferentes consideraciones que se han descrito en este artículo deben ser tenidas muy en cuenta, porque, de lo contrario, los rendimientos pueden bajar de forma importante y hacer que el coste aumente por encima de lo presupuestado. Es especialmente importante un estudio técnico previo que valore si la técnica es de aplicación y los posibles condicionantes que puedan existir en cada proyecto para fijar rendimientos y costes que se ajusten a la realidad.

6. Agradecimientos

Desde estas líneas se agradece la colaboración de Miguel Ángel Moreno, Víctor Armijos, Jorge Barange y Moisés Cruz en la ayuda para recopilar la información que ha permitido elaborar este artículo.

7. Referencias bibliográficas

- Anderson, J., Thompson, M., Schilling D., Kohn, D. and Shinnars, G., "Runway Rubblization at Selfridge ANG", paper at DoD's Transportation Systems Workshop, Fort Lauderdale FL, 2004.
- Baladi, G. and Svasdisant, T., "Identify Causes for Under Performing Rubblized Concrete Pavement Projects – Phase II, Volumes I and II (Appendices)", Michigan State University, MDOT Research Report RC-1416, August 2002.
- Buncher, M. et al. "Airfield Asphalt Pavement Technology Program Project 04-01: Development of Guidelines for Rubblization . Final Report ." Asphalt Institute. 2008.
- Decker, D. "Design and construction guidelines on rubblizing and overlaying PCC pavements with hot-mix asphalt". NAPA, 2006.
- Galal, K., Coree, B., Haddock, J. and White, T., "Structural Adequacy of Rubblized PCC Pavements," Transportation Research Record 1684, 1999.
- Heckel, L. Rubblizing with bituminous concrete overlay – 10 years experience in Illinois. Illinois DOT, 2002.
- Kohn, S., "Nondestructive Testing Rubblized Test Sections, Taxiway W1 DTW, SME Project PP52499" Letter Report from Soil and Materials Engineers Inc to Northwest Airlines, July 2006
- Marcobal, J. R. "Eliminación de la reflexión de grietas en refuerzos asfálticos sobre pavimentos de hormigón mediante rotura controlada de las losas. Contexto y técnicas disponibles." *Asfalto y pavimentación* n.23, 2016.
- Thompson, M., "Hot Mix Asphalt Design Concepts for Rubblized Portland Cement Concrete Pavements", Transportation Research Record 1684, 1999.
- Velez-Vega, E., "Rehabilitation of Airfield Concrete Pavement using the Rubblization Procedure", paper presented at the Tri-Service Infrastructure System Conference, Aug, 2005.
- Witzczak, M. and Rada, G. "Nationwide Evaluation Study of Asphalt Concrete Overlays Placed on Fractured Portland Cement Concrete Pavements", Transportation Research Record 1374, pp 19 to 26, 1992.
- Wolters, A., Smith, K., and Peterson, C., "Evaluation of Rubblized Pavement Sections in Michigan", pre-print paper for Transportation Research Board, January 2007.

Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obras

Carmen Calvo, calrevca@jcy.l.es
Centro Regional de Control de Calidad.
Junta de Castilla y León

Javier Loma, javierloma@padecasa.com
Padecasa

José Luis Peña, jlpena@asefma.com.es
Asefma

El incremento del tráfico pesado en las carreteras genera dos tipos de deterioros fundamentales: fatiga y deformaciones plásticas. Respecto a estas últimas, en los años 70 se tomaron una serie de medidas correctoras que han permitido soslayar este problema. Durante dos décadas en España se ha venido utilizando el método de ensayo NLT 173/84 como método predictivo de las deformaciones plásticas. A raíz de la implantación del Marcado CE de las mezclas bituminosas, dicho ensayo tuvo que ser sustituido por el UNE EN 12697-22. Su aplicación práctica ha generado una serie de dudas relativas a su reproducibilidad y el efecto que puede tener en el cumplimiento de las especificaciones en vigor. En esta publicación se recopila parte del trabajo llevado por el grupo de trabajo “pista de laboratorio” de ALEAS (Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas a Asefma). El trabajo muestra un detallado análisis experimental y de tratamiento estadístico de los datos que permite concluir que con el nivel existente de reproducibilidad, la tolerancia de los resultados no permite distinguir las diversas categorías existentes de resistencia a las deformaciones plásticas.

Palabras clave: Pendiente de deformación, profundidad rodera, deformación plástica

Increase in heavy traffic on the roads generates two types of fundamental deterioration: fatigue and plastic deformation. As far as the latter is concerned, in the seventies a series of corrective measures was taken to avoid this problem. During two decades, the test method NLT 173/84 has been used in Spain as a predictive method of plastic deformation. Following the implementation of the CE Marking of bituminous mixes, this test had to be replaced by UNE EN 12697-22. Its practical application has given rise to a series of doubts as to its reproducibility and its possible effect on compliance with the relevant specifications. This paper is a compilation of part of the work carried out by the work group “wheel-tracking test” of the Association of laboratories of entities associated to Asefma (ALEAS). It offers a detailed analysis, both experimental and of the statistical processing of the data, which allows for the conclusion that with the existing level of reproducibility, data tolerance does not offer the possibility of distinguishing the different existing categories of resistance to plastic deformation.

Keywords: rutting, rut depth, plastic deformation

Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obras

1. Experiencia en la determinación de la resistencia a las deformaciones plásticas

En los años 70, a raíz del fuerte incremento de tráfico generado en las carreteras españolas y al empleo de mezclas bituminosas con poco esqueleto mineral y elevado mastico y contenido de ligante, como las descritas en el Manual del Instituto Americano del Asfalto (tipos IV-a, V-a, III-b, etc.), empezaron a aparecer de forma continuada problemas de rodadas. La solución a las mismas (1975) provino de una modificación normativa en el que se produjeron importantes cambios en las granulometrías y composición de las mezclas asfálticas. De hecho, transcurridos más de 40 años se puede afirmar que la deformación plástica de los pavimentos asfálticos nunca ha vuelto a ser un problema, aunque también hay que decir que la resolución de este problema ha conducido a un problema generalizado de fisuración.

En 1978 se publicó el Informe TM-2817 del Laboratorio del Transporte y Mecánica del suelo "*Comprobación y puesta a punto de la norma provisional para la máquina de ensayo en pista de laboratorio*", que supuso la antesala de la norma NLT 173/84 "*resistencia a la deformación plástica de las mezclas bituminosas mediante la pista de ensayo de laboratorio*".

Dicho ensayo ha sido la referencia en España hasta la llegada del marcado CE de mezclas bituminosas, que trajo consigo la aplicación de un método similar en el concepto, pero con importantes diferencias prácticas (UNE EN 12697-22/2008) "*Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: Ensayo de rodadura*".

Basándose en dicho ensayo, se incluyeron especificaciones indicadas en la normativa española de materiales para construcción de carreteras (PG-3), en el apartado 542, dedi-

cado a las mezclas bituminosas en caliente, según se muestra en la Tabla 1.

Hasta 2008, año en el que fue aprobada la Orden Circular 24/2008, las especificaciones basadas en el ensayo NLT 173/84 estuvieron en vigor. Sobre dicho ensayo los comentarios más generalizados son que es capaz de predecir las deformaciones plásticas pero es poco sensible a pequeñas modificaciones en las formulaciones de las mezclas bituminosas, por lo que su uso para optimizar fórmulas de trabajo es relativamente limitado.

Como ya se ha citado, en el 2008, con la aplicación del marcado CE a las mezclas bituminosas, las especificaciones sufren un cambio importante al modificarse el método de ensayo, siendo sustituido el método NLT 173/84 por la UNE EN 12697-22. Los cambios más importantes entre ambos tipos de ensayo afectan al sistema de compactación de las probetas y las dimensiones de las mismas, así como a las condiciones de realización en los ensayos, manteniendo la temperatura de ensayo y modificando la frecuencia de paso, la carga y sobre todo el tiempo de ejecución, que pasa de ser un ensayo de dos horas a un ensayo con duración de algo más de seis horas.

En el año 2014 ha tenido lugar una pequeña modificación adicional en las especificaciones (Tablas 2 y 3) incluyendo, además de la pendiente de deformación, la profundidad media de la rodadura.

2. Comparación de las metodologías de ensayo

Tras varios años de experiencia en el uso del nuevo método de ensayo UNE EN 12697-22, la mayor parte de los laboratorios que realizan tareas de diseño y control de calidad de mezclas bituminosas han venido observando que la especifica-

Tabla 1. Máxima velocidad de deformación ($\mu\text{m}/\text{min}$) en el intervalo de 105 a 120 minutos (NLT173/84). Orden circular 299/1989

Categoría de tráfico pesado	Zona térmica estival		
	Cálida	Media	Templada
T0 y T1	15		20
T2	15	20	
T3	20		-
T4	20		

Tabla 2. Pendiente media de deformación en pista (WTS_{aire}) y profundidad media (expresado en %) de la rodera (PRD_{aire}) en el intervalo de 5.000 a 10.000 ciclos para capas de rodadura e intermedia. Norma UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga).

Zona estival térmica	Categoría de tráfico pesado				
	T00 y T0	T1	T2	T3 y arcenes	T4
Cálida	≤ 0,07		≤ 0,07 (**)	≤ 0,10 (****)	
Media	≤ 0,07	≤ 0,07(**)	≤ 0,10 (****)	≤ 0,15	
Templada	≤ 0,10	≤ 0,10(***)			

(**) Podrán aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{aire} ≤ 0,10 y PRD_{aire} < 5%.

(****) Podrán aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{aire} ≤ 0,15 y PRD_{aire} < 5%.

Tabla 3. Pendiente media de deformación en pista (WTS_{aire}) y profundidad media (expresado en %) de la rodera (PRD_{aire}) en el intervalo de 5.000 a 10.000 ciclos para capas de base. Norma UNE-EN 12697-22 (mm para 10³ ciclos de carga).

Zona estival térmica	Categoría de tráfico pesado		
	T00 y T0	T1	T2 y T31
Cálida	≤ 0,07 (**)	≤ 0,07 (**)	≤ 0,10 (****)
Media		≤ 0,10 (****)	
Templada	≤ 0,10 (****)		

(**) Podrán aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{aire} ≤ 0,10 y PRD_{aire} < 5%.

(****) Podrán aceptarse valores superiores al indicado si, simultáneamente, se cumple que WTS_{aire} ≤ 0,15 y PRD_{aire} < 5%.

ción actualmente en vigor es mucho más difícil de cumplir, dándose el caso de resultados que cumplen sobradamente las especificaciones basada en el norma NLT 173/84 y no lo hacen en las basadas en la UNE EN 12697-22. Además, no se ha observado ninguna proliferación de las deformaciones plásticas en las carreteras ya que los husos granulométricos y las dosificaciones de ligante siguen siendo, en lo esencial, similares a las existentes hace años.

Con objeto de concretar las causas por las que la nueva especificación genera muchos falsos "positivos", dentro del consorcio Aleas (Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas a Asefma) se creó un grupo de trabajo específico.

La primera tarea que llevó a cabo fue solicitar a los laboratorios participantes una recopilación de datos de control de mezclas bituminosas, en lo referido a resistencia las deformaciones plásticas, con el método UNE EN 12697-22 (y si era posible, también con el método NLT 173/84).

En este trabajo participaron 17 laboratorios que facilitaron la siguiente información, correspondiente a 890 ensayos (Tabla 4).

Como resumen puede decirse que el 41% de las muestras están fuera de especificaciones y, en las carreteras españolas, siguen sin observarse problemas de deformaciones plásticas. ¿A qué se debe la discrepancia entre los datos recopilados y el comportamiento en obra?

Una de las posibles causas es que los estudios sobre los que se basasen las especificaciones en vigor tuviesen un sesgo desconocido. Hay que recordar que la disponibilidad de equipos de ensayo en los meses anteriores a la implantación del mercado CE era muy limitada, e incluso los modelos de compactadores de placas fueron evolucionando cada pocos meses, dándose la curiosidad de que muy pocos son iguales.

Por lo tanto, parecía que estudiar la variabilidad del ensayo podía ser una buena aproximación para conocer las causas del problema.

3. Estimación de la precisión del ensayo

Para estimar la precisión del ensayo, desde el grupo de trabajo de ALEAS se han organizado cinco rondas de ensayos

Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obras

Tabla 4. Niveles de incumplimiento de la especificación WTS > 0,07

Mezcla	Total de ensayos	Incumplimientos de la Especificación PG-3	Porcentaje
AC11	8	4	50
AC16D	81	37	45,7
AC16G	6	4	66,7
AC16S	170	60	35,3
AC22D	23	8	34,8
AC22G	124	69	55,6
AC22S	254	113	44,5
AC32G	57	27	47,5
AC32S	9	0	0
AC8	40	13	32,5
BBTM11A	21	1	4,8
BBTM11B	73	24	32,9
BBTM8A	4	3	75
BBTM8B	1	1	100
PA11	2	1	50
SMA	17	0	0

interlaboratorios durante los años 2012-2014. Las mezclas ensayadas son representativas de las más utilizadas en España: tres AC16, una AC22 y una BBTM11B. El número de laboratorios participantes en cada ronda varía desde 8 hasta 17 laboratorios.

El análisis de los resultados se inicia con un estudio estadístico de los datos aportados por todos los participantes, para determinar si existen valores anómalos y, en su caso, eliminarlos. Para ello, se van a utilizar las técnicas gráficas de consistencia. Este es el proceso inicial del estudio y con él se determina la consistencia inter-laboratorios (reproducibilidad) (relacionado con el valor de h), e intra-laboratorios (repetibilidad) (relacionado con el valor de k), comparando los valores obtenidos frente a unos valores de referencia en función del número de laboratorios participantes y del número de repeticiones del ensayo en cada laboratorio [1]. Con los valores considerados aceptables se calcula el valor medio, la varianza de repetibilidad intra-laboratorio, la varianza de reproducibilidad inter-laboratorios y la reproducibilidad total asociada al método. Los cálculos utilizados son los descritos en la UNE 82009-2. Los valores de repetibilidad y reproducibilidad

se han calculado a partir de las desviaciones estándar correspondientes mediante las ecuaciones siguientes:

$$r = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot s_r$$

$$R = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot s_R$$

Los resultados obtenidos para la repetibilidad se resumen en la Tabla 5.

En el primer ejercicio (I-1), además de la mezcla bituminosa, se proporcionaron a cada laboratorio dos probetas ya compactadas. De esta tarea de compactación se encargaron dos laboratorios, cada uno de ellos representativo de un modelo comercial de compactador diferente. Se trataron por separado los resultados de las probetas fabricadas en los diferentes laboratorios a partir de la mezcla bituminosa suministrada (I-1, prob. int. en la Tabla 5) y los obtenidos con las probetas ya compactadas (I-1, prob. ext. en la tabla 5), con el fin de ver la influencia de la compactación. No se observaron diferencias significativas ni en los valores medios ni en los correspondientes a repetibilidad.

Tabla 5. Valores de repetibilidad para WTS y PRD obtenidos en los ejercicios interlaboratorios de ALEAS.

	I-1 (prob. int)	I-1 (prob. ext)	I-2	I-3	I-4	I-5
Denominación	AC16 surf S	AC16 surf S	AC16S	AC22 bin S	BBTM 11B	AC16surf S
WTS						
Valor asignado	0,058	0,055	0,099	0,074	0,092	0,063
s_r	0,018	0,018	0,058	0,017	0,014	0,007
r	0,051	0,050	0,165	0,049	0,039	0,019
CV_r (%)	31	33	53	23	13	10
%PRD						
Valor asignado	3,98	4,09	4,89	4,48	6,82	3,46
s_r	0,60	0,51	0,53	0,41	0,54	0,52
r	1,69	1,44	1,50	1,17	1,52	1,48
CV_r (%)	15	12	10	9	8	15

Tabla 6. Valores de reproducibilidad para WTS y PRD obtenidos en los ejercicios interlaboratorios de ALEAS.

	I-1 (prob. int)	I-1 (prob. ext)	I-2	I-3	I-4	I-5
Denominación	AC16 surf S	AC16 surf S	AC16S	AC22 bin S	BBTM 11B	AC16surf S
WTS						
Valor asignado	0,058	0,055	0,099	0,074	0,092	0,063
s_r	0,024	0,022	0,039	0,029	0,056	0,012
r	0,069	0,063	0,109	0,081	0,157	0,034
CV_r (%)	41	40	39	39	61	19
%PRD						
Valor asignado	3,98	4,09	4,89	4,48	6,82	3,46
s_r	0,85	0,77	0,95	1,07	3,82	1,17
r	2,39	2,18	2,67	3,00	10,69	3,28
CV_r (%)	21	19	19	24	56	34

Si descartamos los resultados del I-2, en el que se obtienen valores muy elevados de s_r , podemos concluir que los valores de repetibilidad, r , están en el intervalo 0,05-0,02, para WTS y 1,7-1,2 para PRD.

En la norma se especifica que el valor de ambos parámetros será la media de los obtenidos sobre dos probetas, pero no se especifica ningún valor para la diferencia entre los resultados de las probetas para admitir el ensayo como válido. Este valor se debería deducir de r . Teniendo en cuenta que las especificaciones del PG-3 indican saltos de

categorías para WTS de 0.03, parece que considerar válido un valor de r de 0.05 es excesivo y compromete el cumplimiento de especificaciones, por lo que parece más adecuado proponer un valor de 0.02 como diferencia máxima admisible para dos probetas ensayadas en condiciones de repetibilidad.

En el estudio de reproducibilidad, para el tratamiento de datos se ha utilizado, además de la UNE-82009, la estadística robusta descrita en la norma ISO 13528. El uso de estadísticas robustas para tratar los datos de los ejercicios de intercom-

Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obras

Tabla 7 Resultados de ejercicios interlaboratorios según EN 12697-22.

Organizador	Fecha	Mezcla	n° lab	% PRD			WTS		
				media	SR	%CV	media	SR	%CV
Organización 1	2008	AC16D	7	13,6	2,7	20	0,288	0,116	40
Organización 1	2008	AC22S	7	8,6	1,5	17	0,215	0,061	28
Organización 1	2008	D12	10	5,3	1,279	24	0,082	0,033	40
Organización 1	2008	S20	10	1,6	1,577	-	0,081	0,024	30
Organización 1	2009	AC22S	11	4,078	1,1	27	0,084	0,03	36
Organización 1	2010	BBTM11A	14	4,2	1,21	29	0,036	0,017	47
Organización 1	2010	AC22S	14	3,8	0,81	21	0,058	0,0224	39
Organización 2	2011	AC16S	14				0,08	0,03	38
Organización 2	2012	AC16S	14				0,05	0,02	40
Organización 3	2012	AC16S	7	3,07	0,761	25	0,096	0,05	52
Organización 3	2014	BBTM 11A BM3C	7	4,72	1,00	21	0,054	0,014	26

paración, se considera más adecuado, especialmente cuando, como es nuestro caso, el número de participantes no es muy elevado. Por ello se ha aplicado la metodología descrita en la norma ISO 13528 a los datos de estos ejercicios y se han comparado los resultados de ambas metodologías (ISO 13528 y UNE 82009).

El tratamiento según ISO 13528 es más selectivo a la hora de detectar resultados anómalos, con lo que los valores de s_R pueden mejorar en relación a los obtenidos siguiendo la sistemática de la UNE 82009. En cuanto a los valores medios, no se obtienen diferencias significativas entre tratamientos. En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos con el tratamiento ISO 13528, excepto para el ejercicio I-1, que solo se ha tratado con UNE 82009.

Los valores de R se encuentran entre 0.03 y 0.16. En valores relativos, estamos en %CV entre el 20 y el 40% (exceptuando valores extremadamente altos en I-4). Estos altos valores de R hacen que sea muy complicado asegurar el cumplimiento de especificaciones, pues claramente solapan el valor de las diferencias entre categorías. Estos valores son del orden de los obtenidos en otros ejercicios realizados anteriormente en España, desde 2008 (Tabla 7).

Los valores encontrados son también comparables a los publicados por Puchard et al [2] en estudios interlaboratorios realizados en Hungría, siguiendo el mismo método de ensayo. En este trabajo solo se recogen valores de PRD, y los va-

lores de CVR se encuentran entre el 25 y el 53 %. Aquí también resaltan la carencia de datos de reproducibilidad en la norma, que no permiten una adecuada interpretación de los resultados. Para otros ensayos del mismo tipo ("Hamburg wheel tracking test"), los valores de precisión encontrados en bibliografía [3, 4] tampoco mejoran sensiblemente los encontrados en este trabajo.

3.1 Influencia de la compactación

En los diferentes ejercicios realizados se ha tratado de ver si existían diferencias en los siguientes elementos:

- Los resultados obtenidos entre probetas fabricadas en un solo laboratorio o en varios laboratorios, ensayadas en diferentes laboratorios. No se han observado diferencias significativas entre resultados.
- Los resultados para probetas fabricadas en dos modelos de compactadores y en distintos laboratorios. Tampoco se han observado diferencias significativas.
- Relación entre % compactación y resultado del ensayo: en general, se observa que cuando el porcentaje de compactación supera el 98% de la densidad de referencia, los resultados no varían. Por debajo del 98% (o del

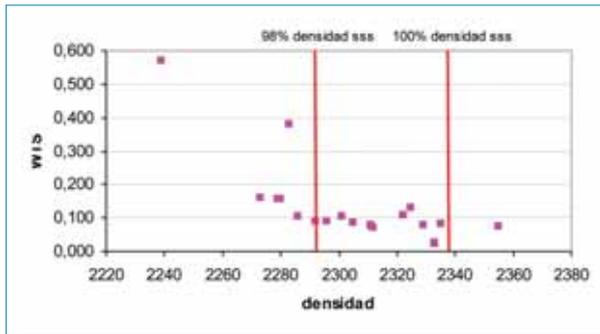


Figura 1. Relación entre WTS y densidad.
Datos para AC16S (Datos de I-2).

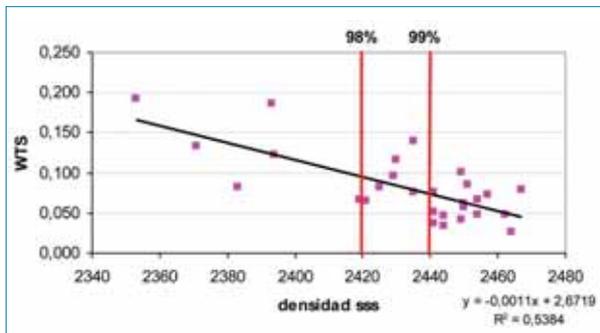


Figura 2. Relación entre WTS y densidad.
Datos para AC22S (Datos de I-3).

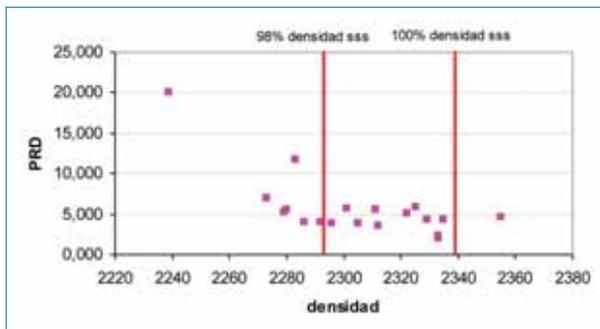


Figura 3. Relación entre PRD y densidad.
Datos para AC16S (Datos de I-2).

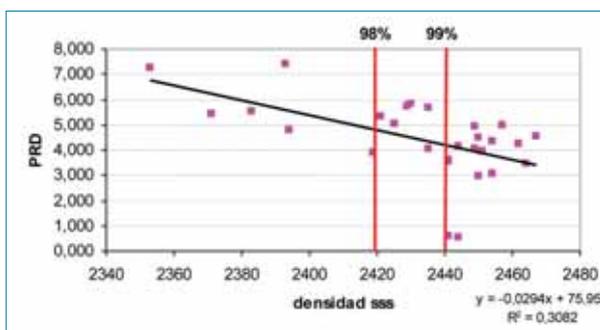


Figura 4. Relación entre PRD y densidad.
Datos para AC22S (Datos de I-3).

99% en algunos casos), los valores de WTS y PRD se disparan. En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados de correlación de densidad y WTS obtenido en las rondas I-2 e I-3. En las Figuras 3 y 4 se relacionan los valores de PRD y densidad.

3.2 Otros factores de influencia

Tras una revisión de la norma UNE-EN 12697-22, se ha encontrado, en el apartado 6.3.1.7, referido a los equipos utilizados, que la tolerancia requerida para el dispositivo de medir la posición horizontal de la rueda es de $\pm 0,2$ mm. Esta tolerancia puede conducir a altos valores de incertidumbre en la determinación de WTS y PRD. Ante dicha duda, se ha verificado que los laboratorios participantes disponen de equipos con un nivel de tolerancia mucho más estricto, por lo que no parece que la incertidumbre de los ensayos provenga de este factor. En cualquier caso, la redacción de la norma tendría que modificarse para evitar malas praxis futuras.

Es de destacar que el grupo ALEAS ha elaborado una herramienta y una metodología para el cálculo de las tolerancias de cada ensayo en un laboratorio particular. La herramienta de cálculo se puede descargar del siguiente link: <http://www.asefma.es/aleas/>

También es de destacar que se ha obtenido un cierto nivel de mejora de la reproducibilidad mediante el uso de un protocolo estricto de ensayo. Por definición, las normas de ensayo deberían ser no interpretables, con una redacción de significación unívoca. En la práctica no es así, por lo que el grupo de trabajo elaboró protocolos de aplicación para todos los laboratorios que han intervenido en las diversas fases del estudio interlaboratorios. Estos protocolos especifican como realizar la verificación del equipo, la forma de compactar la muestra y la realización del ensayo. En esta línea, ALEAS tiene previsto publicar un catálogo de protocolos de ensayo para aquellos más habitualmente utilizados.

4. Conclusiones y acciones futuras

En cuanto a conclusiones generales se pueden destacar las siguientes:

- No se obtienen valores mejores de WTS al aumentar la densidad de las probetas, una vez superado el 98% de la

Deformación plástica de las mezclas bituminosas. Métodos de caracterización y aplicabilidad en las obras

densidad de referencia. No se observan diferencias significativas entre las probetas compactadas en compactadores de las dos modelos disponibles. Tampoco se observan diferencias significativas en los valores de PRD y WTS entre las probetas fabricadas en cada laboratorio (internas) y las externas.

- El tratamiento de datos según ISO 13528 es más selectivo a la hora de detectar resultados anómalos, lo que permite obtener valores de s_R más bajos que los que se obtienen aplicando el tratamiento de la UNE 82009. Las diferencias entre los valores asignados, aunque no son elevadas, son mayores cuanto más se alejan los datos de una distribución normal.
- La diferencia de WTS entre los resultados de dos probetas, en condiciones de repetibilidad, no debería ser superior 0.02. Para PRD, la diferencia debería ser inferior a 1.5%.
- Teniendo en cuenta las especificaciones vigentes, la diferencia entre los resultados de dos laboratorios no debería ser superior de 0.03 para WTS. Esto supone valores de s_R del orden de 0.01, considerablemente mejores de los obtenidos en las condiciones actuales del método de ensayo.
- Los resultados obtenidos para R son muy altos lo que cuestiona la validez de los resultados en cuanto al cumplimiento de especificaciones. Una vez evaluada la influencia de la compactación, es necesario evaluar el propio método de ensayo para tratar de reducir la variabilidad del mismo.

Las futuras acciones estarían encaminadas a:

- Identificar las causas que conducen a los altos valores de reproducibilidad y tratar de minimizarlas. En esta línea, ya se han iniciado una serie de trabajos que incluyen la elaboración de protocolos detallados para la compactación y realización del ensayo, y para la validación interna del método. En la actualidad, se están llevando a cabo estos estudios de validación.

- Estudiar la adecuación de las tolerancias/incertidumbres en calibración de los equipos establecidas en la norma y las reales de los equipos que se están utilizando. Se trabaja para ello en colaboración con el grupo de estimación de incertidumbre de ALEAS.
- Proponer criterios que tengan en cuenta la precisión del ensayo de forma que se pueda asegurar el cumplimiento de las tolerancias establecidas en las especificaciones.

5. Agradecimientos

Este trabajo no hubiese sido posible sin la valiosa colaboración de las organizaciones que componen ALEAS <http://www.asefma.es/aleas/>, y especialmente de los miembros del grupo de trabajo "pista de ensayo" que han colaborado en las diversas fases del trabajo descrito.

En la realización de este trabajo han colaborado laboratorios de 21 empresas fabricantes y laboratorios de control: Acciona, Asfaltos y Construcciones Elsan, Beca, Centro Regional de Control de Calidad de la Junta de Castilla y León, Cepsa-Proas, Collosa, Ditecpesa, Eiffage (plantas de Madrid, Sevilla y Valencia), Grupo Campezo, Intemac, Laboratorio General de la Diputación de Alava, Los Serranos, Pavasal, PAS, Probisa, Repsol, Sacyr, Sorigué.

En la fabricación de las muestras han participado las siguientes plantas: Eiffage Madrid, Los Serranos (Abanilla, Murcia), Asfaltos San Felices (Logroño), Asfaltos Vicalvaro (Alovera, Guadalajara), Tecnofirmes (Alcover, Tarragona).

6. Referencias bibliográficas

- [1] Barral, M; Calvo, M; Tamayo, S.2013. Ejercicio de intercomparación de ensayos de control de mezclas bituminosas. Asfalto y Pavimentación, nº11, 4º trimestre, 15-27.
- [2] Puchard, Z; Görgeny, A. Repeatability and Reproducibility of wheel-tracking tests. 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul, June 2012
- [3] NCHRP Project 10-87 Precision estimates of AASHTO T 324, "Hamburg Wheel-track testing of compacted hot mix Asphalt (HMA)", October 2014
- [4] Runhua Guo a & Jorge A. Prozzi. A statistical analysis of Hamburg Wheel Tracking Device testing re-

sults. Road materials and pavement design. Icam 2009, 327- 335.

- UNE-EN 12697-22:2008+A1:2008. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 22: ensayo de rodadura
- UNE-EN 12697-33:2006+A1:2007. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 33 : Elaboracion de probetas con compactador de placa
- UNE 82009-2.1999 Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad de un método de medición normalizado.
- ISO 13528.2005 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.

#55

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Un firme en mal estado aumenta las emisiones de GEI del tráfico. Las mezclas asfálticas permiten repararlo de un modo fácil, rápido y eficiente” (EAPA-Road pavement industries highlight huge CO2 savings)

#SOSTENIBILIDAD_Y_MEDIO_AMBIENTE

1988 - 2013
25 AÑOS

VIATOP®

El "Pellet".

Liderando las SMA

desde 1988



RETTENMAIER IBÉRICA
S.L. Y CIA. S. COM.



Fibras diseñadas
por la naturaleza

Una compañía del grupo JRS

C/ Travesera de Gracia, 56, 2º2ª
08006 Barcelona

Tel: 933 262 880 • Fax: 933 262 897
www.jrsiberica.com • info@jrsiberica.com

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas:

6. Ejecución de las juntas

Andrés Costa

Excoordinador Grupo 1 de ASEFMA

Se denominan juntas en las capas bituminosas de un firme a las uniones entre capas adyacentes. La apertura y degradación de una junta en una capa bituminosa de rodadura, supone una pérdida de las características superficiales iniciales en dicha capa y permite la entrada de agua a las capas inferiores del firme, acortándose la vida útil del mismo. Existen dos tipos: **juntas transversales** y **juntas longitudinales**.

1. **Juntas transversales.** Las juntas transversales se producen siempre que el equipo de extendido cesa de trabajar durante un cierto periodo de tiempo. Al reanudar de nuevo el trabajo, es necesario tratar adecuadamente la zona donde se ha detenido el equipo para conseguir homogeneidad en la capa extendida.
2. **Juntas longitudinales.** Las juntas longitudinales se producen en el momento que se colocan capas de mezcla bituminosa en caliente contiguas. Existen dos tipos de juntas longitudinales según la temperatura de la mezcla más antigua: **juntas calientes** (la mezcla antigua mantiene una temperatura superior a la mínima de compactación, generalmente se obtienen utilizando dos o más extendedoras trabajando en paralelo), y **juntas frías** (donde los carriles son extendidos y compactados por separado, uno después del otro y transcurrido un cierto tiempo entre ambas extensiones).

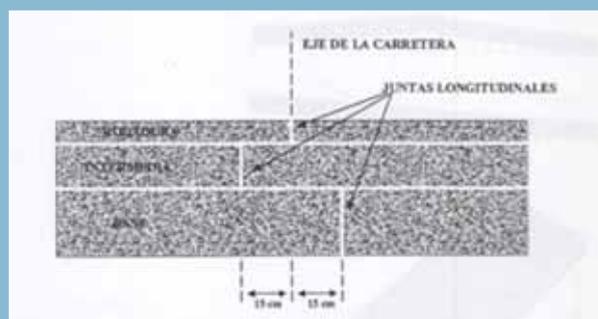


Construcción de junta en caliente.



Construcción de junta en frío.

En los artículos 542 y 543 del vigente PG-3, en los apartados 542.5.8 y 543.5.8 respectivamente, relativos a las juntas transversales y longitudinales en el extendido de una mezcla bituminosa en caliente, se prescribe lo siguiente: "Siempre que sean inevitables, se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) las transversales y quince centímetros (15 cm) las longitudinales.



Al extender franjas longitudinales contiguas, si la temperatura de la extendida en primer lugar no fuera superior al mínimo fijado en la fórmula de trabajo para terminar la compactación, el borde de la franja se cortará verticalmente, dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. Se le aplicará una capa uniforme y ligera de riego de adherencia, según el artículo 531 de este Pliego, dejando romper la emulsión suficientemente. A continuación, se calentará la junta y se extenderá la siguiente franja contra ella. Este procedimiento se aplicará de manera análoga a la ejecución de juntas transversales.

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas



Dispositivos para calentar el borde de la capa existente en las juntas longitudinales frías.

Las juntas transversales en capas de rodadura se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para los elementos de compactación".

En el Artículo 543 especifica la forma de actuar para la construcción de juntas en capas de rodadura con mezclas porosas. Más adelante se detallará la forma de actuar con este tipo de mezclas.

2. Problemas en la construcción de las juntas

Las juntas transversales tienen dos requisitos básicos para su buen funcionamiento: **nivel de densidad y continuidad geométrica**.

Una junta transversal mal construida aparece unas veces como un abultamiento pronunciado en el pavimento y en otros casos como un hundimiento en la capa extendida en segundo lugar. En general estos defectos es difícil apreciarlos en obra y solo son apreciables una vez que las dos capas están frías, suponiendo en ambos casos un deterioro de la regularidad superficial.

Los errores de construcción en las juntas transversales solamente pueden corregirse bien, mientras la mezcla todavía está caliente y manejable. No se puede dejar pasar horas sin hacer algo, debido a que si la mezcla se enfría, la solución más adecuada es cortar y reemplazar la junta para hacer cualquier corrección. Si no se ha apreciado y resuelto en obra el problema, en algunos casos una posible solución puede ser el uso de la técnica de microfresado para mejorar la regularidad superficial perdida.

Las juntas longitudinales deben ser perfectamente rectilíneas y lo menos visibles posible. Su deterioro se produce por alguna de las tres causas siguientes:

- Insuficiente adherencia entre las dos capas contiguas extendidas.

- Baja compacidad de la mezcla bituminosa de la banda extendida en primer lugar, generalmente en la zona próxima a la junta con la segunda banda extendida.
- Segregación granulométrica de la mezcla bituminosa en la zona del borde de la primera capa extendida.

O por una combinación de algunas de estas causas.

Las juntas longitudinales deben conseguir valores de la densidad en la mezcla bituminosa iguales a ambos lados de la junta y ausencia de segregaciones. En el apartado siguiente se dan recomendaciones para hacer estas juntas y corregir las posibles causas de deterioro posterior.

3. Recomendaciones para una buena construcción de las juntas

El éxito en la construcción de las juntas longitudinales y transversales en una capa bituminosa del firme se consigue prestando especial cuidado en las tres etapas de la puesta en obra de una capa bituminosa: **preparación de la superficie, extendido y compactación**.

La preparación de la superficie es muy importante en las juntas transversales y en las juntas longitudinales en frío.

• Juntas transversales

Las juntas transversales se realizan al iniciar de nuevo el extendido de la mezcla bituminosa como continuación de una capa que se ha extendido anteriormente y que se ha paralizado por diversas causas (día anterior, avería en la extendidora, problema de suministro de mezcla bituminosa de manera que se ha enfriado la capa extendida, etc). En este caso se debe prestar especial atención en eliminar todo el material antiguo en una cierta franja de manera que no quede mezcla segregada o mal compactada o con espesor irregular (habitual en el final de extendido o cuando se para por alguna incidencia como se ha descrito anteriormente). Se debe barrer toda la zona donde se ha actuado y todo alrededor para evitar la presencia de cualquier material suelto o suciedad, procediéndose a continuación a efectuar el riego de adherencia de la superficie limpiada y del borde de la capa bituminosa antigua donde se haya cortado.

El extendido se iniciará apoyándose sobre la superficie antigua en una pequeña longitud (de 2 a 4 cm) para formar

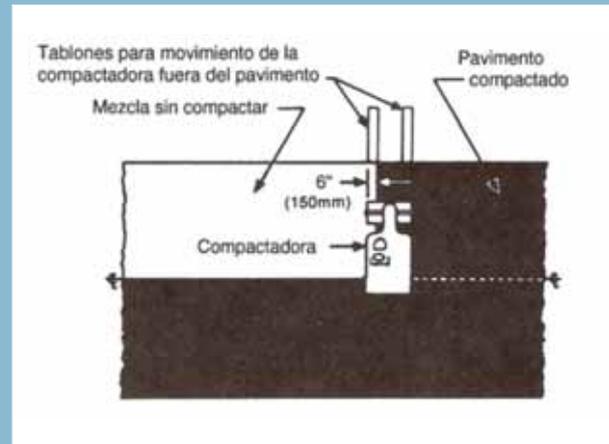


Correcta ejecución de una junta transversal.

la junta ligeramente sobreelevada respecto a la capa antigua para absorber el asentamiento por compactación de la nueva capa.

Una práctica habitual consiste en arrancar el extendido colocando la regla de la extendidora apoyada en unos listones de madera cuyo grosor debe ser el sobreespesor necesario que debe tener la capa.

Cuando la junta transversal es construida al lado de un carril contiguo, la primera pasada se hace con un compactador estático de ruedas de acero a lo largo de la jun-



Compactación de una junta transversal.

ta longitudinal, sobre unos cuantos metros. A continuación, la junta es compactada en el sentido transversal con todo el ancho de la rueda sobre el material previamente colocado y compactado, excepto unos 150 mm (ver figura adjunta). Esta operación se repite con pasadas consecutivas, cada una cubriendo unos 150 a 200 mm adicionales de la mezcla nueva, hasta que todo el ancho de la rueda impulsora se encuentre sobre la misma.

Durante la compactación transversal se deberán colocar tablones de espesor adecuado en el borde del pavimento, para proporcionar al compactador una superficie sobre la cual puede rodar una vez que sobrepase el borde de la capa extendida. Si no se usan los tablones, la compactación transversal deberá detenerse a unos 150 a 200 mm antes del borde exterior para evitar dañarlo. En este caso el borde deberá ser compactado luego durante la compactación longitudinal.

- **Construcción de juntas longitudinales**

Cuando se superponga varias capas bituminosas en un firme, hay que procurar que las juntas no coincidan, desplazando las juntas longitudinales unos 15 cm unas de otras, procurando que en la capa de rodadura coincida con la zona de pintura.

Las juntas longitudinales, como ya se ha dicho anteriormente y a efectos de su construcción y compactación, pueden clasificarse en dos categorías: **calientes** y **frías**. Cada una de ellas requiere de un procedimiento de compactación diferente.

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas



Juntas longitudinales en caliente con tres extendedoras en paralelo



Construcción de junta longitudinal en caliente.

- **Construcción de juntas longitudinales en caliente**

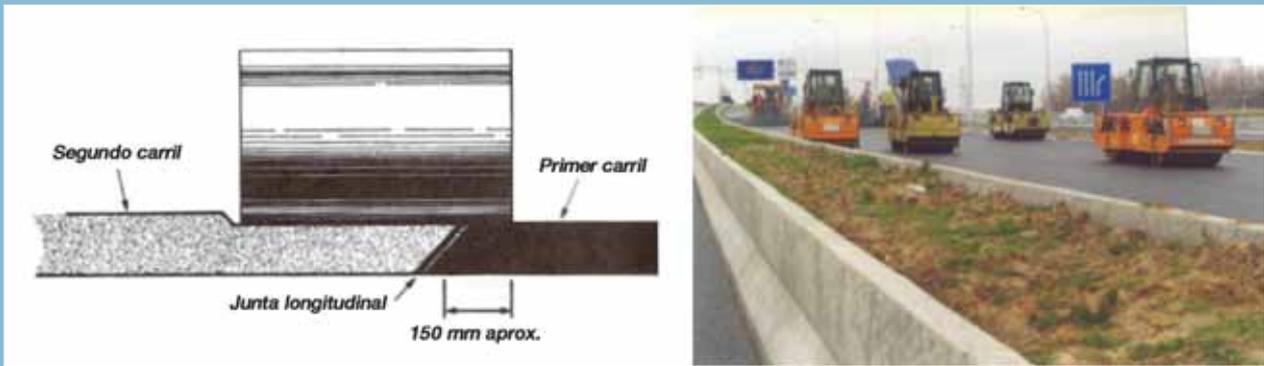
Una junta en caliente es aquella que se forma entre dos carriles contiguos, que pueden extenderse con dos o más máquinas trabajando en paralelo ligeramente desfasadas o cuando el extendido de la capa contigua se realiza en poco tiempo y la mezcla más antigua mantiene una temperatura superior a la mínima de compactación.

Este método produce la mejor junta longitudinal porque ambos carriles están, en el momento de la compactación, casi a la misma temperatura. La capa de mezcla bituminosa es homogénea en todo el ancho y prácticamente la densidad es la misma. Cuando se pavimenta en escalón, la primera pasada del compactador que va detrás de la extendedora deja 75 a 150 mm de borde común o junta

sin compactar. Esta junta común es luego compactada por el compactador que sigue a la segunda extendedora en su primera pasada.

Para lograr este objetivo de una manera efectiva, la segunda extendedora, y el compactador que le sigue, deberán estar tan cerca como sea posible de la extendedora delantera para asegurar una densidad uniforme a través de la junta. El compactador que sigue a la segunda extendedora compacta la junta en su primera pasada (ver figura superior en la página siguiente).

Otra posibilidad es realizar el extendido de la mezcla bituminosa con una sola extendedora trabajando a todo el ancho de la plataforma, de esta forma no existen juntas de construcción. Actualmente se dispone de extendedoras capaces de extender hasta 15 metros de ancho. Son



Compactación de junta longitudinal en caliente.



máquinas especiales que se deben utilizar en obras muy grandes pues la preparación de la regla de extendido es muy complicada. Se debe prestar especial atención a la nivelación a todo el ancho de extendido y cuidar que no se produzca una pérdida de la alineación de la regla de extendido.

- **Construcción de juntas en frío**

Una junta fría es aquella que se forma entre dos carriles contiguos, habiendo transcurrido un tiempo tal entre ambos extendidos que el más antiguo está a temperatura muy inferior a la mínima de compactación. Debido a la diferencia de temperatura entre los dos carriles, casi siempre resulta una diferencia de densidad entre los lados de la junta, sin importar la técnica de compactación usada. Para su adecuada construcción debe cortarse verticalmente la franja de mezcla antigua mal compactada o segregada por estar al borde

de la capa inicialmente extendida. Se barre muy bien toda la zona fresada y se ejecuta sobre ella un ligero riego de adherencia.

Para las juntas longitudinales frías, las más habituales en los trabajos de conservación y refuerzo del firme, se deben tener ciertas precauciones para garantizar una junta de buena calidad. A la hora de pavimentar, la regla de la extendedora deberá estar ajustada para



Corte y riego de junta longitudinal en frío.



Riego de una junta longitudinal en frío.

Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas



Correcta ejecución del solape en las juntas longitudinales frías.

solapar de 20 a 30 mm la primera carpeta, con una sobre elevación o sobreespesor que deberá ser igual a la cantidad de asentamiento previsto al compactar la nueva capa extendida.

El árido grueso en la mezcla que se sobrepone en la junta fría deberá ser cuidadosamente retirado y desechado antes de la compactación (nunca extender, como es costumbre, sobre la capa recién extendida; ver grupo de fotos en la parte inferior de esta página).

Generalmente, la compactación de la junta longitudinal se realiza iniciándola apoyando sobre la franja de mezcla fría y compactando solo 15 a 20 cm de la capa caliente. A continuación se va entrando al resto de la nueva capa, compactando siempre desde la capa antigua hacia la nueva construida.

La compactación longitudinal casi nunca produce una densidad uniforme en ambos lados de la junta. En la mayoría de los casos hay una zona de baja densidad en la junta en el primer carril colocado y una zona de alta densidad en la junta en el carril de empalme.

Según algunos estudios, este procedimiento es el que proporciona peor comportamiento de la junta longitudinal porque la densidad así obtenida es menor. Estos mismos estudios recomiendan comenzar al revés, por la calle caliente, dejando unos 15 centímetros hasta la junta, con lo que se "arrollará" algo de material hacia esta, que se compacta e iguala en una pasada posterior. Así se obtiene mayor densidad en esa zona.



Junta longitudinal mal ejecutada por no retirada del árido grueso del borde.

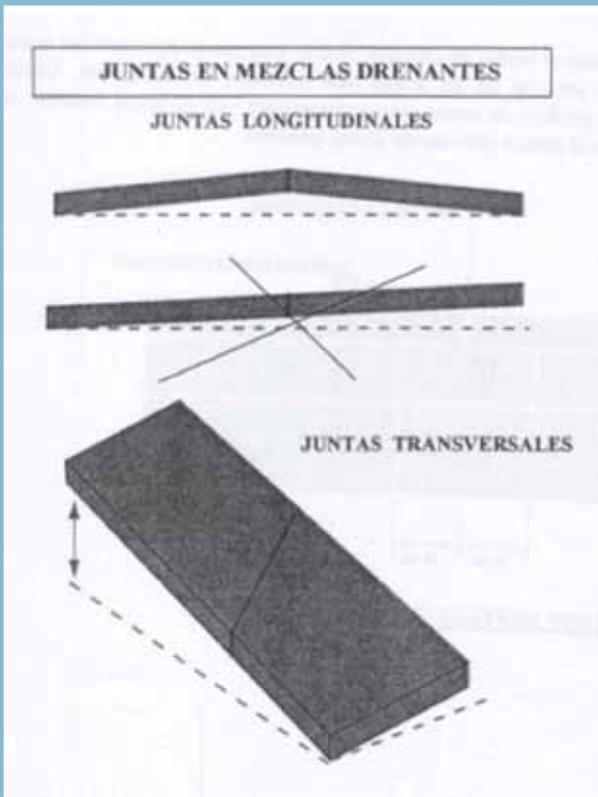
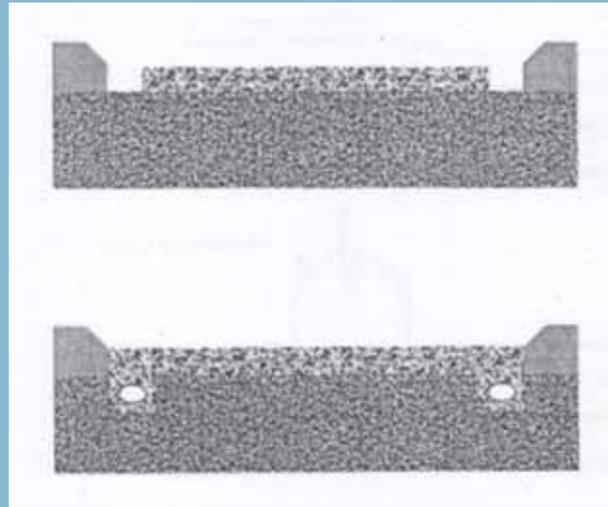


Sistema alternativo de compactación de una junta longitudinal fría.

- **Construcción de juntas en mezclas drenantes**

En el caso concreto de las mezclas drenantes, las juntas longitudinales en frío no deben cortarse, ya que podrían cerrarse los poros formando una barrera que impediría el paso del agua; únicamente se cortarían cuando la junta no interrumpa la circulación de agua, como puede ser una carretera con bombeo. Las juntas transversales en las mezclas porosas se harán a unos 45° para evitar esa discontinuidad de evacuación de agua.

Cuando se trabaje con mezclas drenantes en zonas con bordillo, se tendrá la precaución de dejar una rigola lateral, o bien colocar unos drenes laterales, con el fin de facilitar la evacuación del agua (ver la figura siguiente).





Madrid, 30 y 31 de Mayo de 2017

XII Jornada Nacional asefma 2017

PROVISIONAL

PROGRAMA

XII Jornada Nacional
asefma 2017

30 y 31 de Mayo de 2017

#XIIJornadaAsefma

**Impacto de
la conservación
de carreteras en
las emisiones de CO₂**

Hotel Holiday Inn
Plaza Carlos Trias Bertrán, 4 - 28020 Madrid

Coordinador:
Prof. Ing. D. Ángel Sampedro

Patrocinan:



Organiza:



Teléf.: 91 129 36 60 • e-mail: asefma@asefma.com.es
www.asefma.es

Impacto de la conservación de carreteras en las emisiones de CO₂

INSCRIPCIONES

La inscripción debe formalizarse en:
asefma@asefma.com.es

tras haber realizado el ingreso en la Cuenta Corriente:
Bankinter 0128 0013 29 0100041983

Inscripción on-line a través de:
www.itapec.com

Síguenos en Twitter  #XIIJornadaAsefma



ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (ASEFMA)

Avda. General Perón, 26
28020 Madrid
www.asefma.es

T.: +34 911 293 660
F.: +34 911 293 566
E.: asefma@asefma.com.es

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

Juan A. Romero Lacasa, jaromero@fomento.es
Ministerio de Fomento

Anna París Madrona, annaparis@parmaingenieria.com
PARMA Ingeniería

La vida útil para la que se diseña un firme se basa en la hipótesis de un correcto pegado de las capas de mezcla bituminosa para garantizar que trabajan solidariamente. Pese al gran desarrollo en las emulsiones para los riegos de adherencia, y los cuidados en las operaciones de puesta en obra de los riegos, existen en la práctica actuaciones que originan el arrastre del betún desde la zona regada a los alrededores de la obra. Además de ensuciar el entorno de la obra, pudiendo originar problemas de seguridad, las capas de firme pierden parte de la capacidad estructural para la que han estado diseñadas. En 2016 se ha realizado en España la primera obra de refuerzo de firme con el empleo de la leche de cal, en baja concentración, para la protección del riego de adherencia y la experiencia ha sido muy positiva en su comportamiento de puesta en obra.

Palabras clave: leche de cal, riegos de adherencia, adherencia entre capas, emulsión bituminosa

The useful life for which a surface is designed is based on the hypothesis of a correct bonding of the layers of bituminous mixture to guarantee that they work in conjunction. In spite of the great development in the emulsions for adhesion irrigations and the care taken in the operations of implementation of such irrigations, there are still actions that cause the drag of the bitumen from the irrigated area to the surroundings of the building site. A part from getting the work place dirty, which can cause security problems, the surface layers lose some of the structural capacity for which they were designed. In 2016, the first surface reinforcement work has been carried out in Spain with the use of slurry lime in a low concentration to protect the adhesion irrigation. The experience so far has been very positive in respect of its commissioning work.

Keywords: slurry lime, tack coat, layers bonding, bituminous emulsions

1. Introducción

Cuando se dimensiona un firme de carretera se supone una adherencia completa entre las capas que lo componen y que todas las capas bituminosas trabajan solidariamente. Por este motivo, y con el objetivo de intentar garantizarlo en obra, entre las capas de firmes se aplica el riego de adherencia (mediante emulsión bituminosa). La finalidad es lograr lo que se consideraría una adherencia perfecta entre capas.

Lamentablemente no siempre se consigue, por la complejidad que conlleva la ejecución de esta unidad de obra, principalmente debido al trasiego de los camiones que transportan la mezcla bituminosa para extender en la obra. La falta de adherencia puede ocasionar deterioros prematuros, como deslizamientos entre capas o fisuración por fatiga.

En nuestros días, y ya desde hace algunos años, la puesta en obra del riego de adherencia ha venido siendo objeto de crecientes cuidados particulares al tiempo que las empre-

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

Las fabricantes de betunes han desarrollado nuevas formulaciones con las denominadas “emulsiones termoadherentes”. Se trata de unas emulsiones de rotura más rápida que limitan que el betún de la emulsión se adhiera a los neumáticos de los vehículos que intervienen en las operaciones de puesta en obra de las mezclas; con ello se intenta evitar tal fenómeno y sus negativas consecuencias.

Si bien tales “emulsiones adherentes” han supuesto un avance, se observa que, en obra, las habitualmente altas temperaturas estivales y la insolación causan un reblandecimiento del betún aportado por la emulsión lo que favorece el pegado del riego a los neumáticos de los vehículos de obra. Fenómeno agravado por las temperaturas con la que las ruedas de los camiones llegan a la obra (en torno a los 70 °C).

Este problema se acentúa en las obras de conservación ya que por un lado están las superficies fresadas con una morfología surcos (cima – valle) que favorecen el incremento en las dosificaciones de la emulsión, y por otro lado, se trata de obras en servicio por lo que el tiempo es un factor limitante en los desvíos de tráfico.

Si no se toman precauciones, el incremento en la emulsión se traduce en traslados del betún de los riegos de adherencia, en primer lugar en las ruedas de las bañeras con semi-remolque que transportan el aglomerado a la obra y después por encima de las superficies sobre las que circulan estos vehículos, una vez hayan vertido su contenido en las máquinas extendedoras. Con el correspondiente rastro de betún por las zonas sobre las que circulan que se corresponde con los entornos de la zona de la obra.



Foto 1. Detalle del traslado de betún, en la zona de rodadura, sobre una superficie regada con un riego de adherencia en la que los neumáticos han levantado la emulsión extendida.



Foto 2. Restos de betún en el entorno de la obra arrastrados por las ruedas de los camiones. Además del problema estético la alteración de las marcas constituye un problema de seguridad (foto cedida por grupo SANEF).

La adherencia final conseguida entre capas bituminosas no dependerá solamente de cómo se haya realizado el riego de adherencia, del tipo de emulsión aplicada, de que la dosificación sea la prescrita, de que se haya adherido bien a la capa inferior, y de que una vez ejecutada la nueva capa no hayan quedado coqueras en su parte inferior, sino también, y de manera muy importante, dependerá de que el propio tráfico de la obra no haya levantado el riego de adherencia como consecuencia de la circulación y trasiego.

2. La leche de cal

La idea de extender una “leche de cal” sobre los riegos de adherencia (esto es, sobre la emulsión bituminosa) se inicia en Francia (donde es denominada como “lait de chaux”, es decir: “leche de cal”) hace ya unos veinte años.

Desde el año 2004 el proceso del extendido y las especificaciones de la leche de cal en los riegos de adherencia de mezclas asfálticas se ha desarrollado en Francia por la empresa concesionaria de autopistas SANEF, perteneciente al grupo ABERTIS. El objetivo era lograr garantizar una perfecta adherencia entre las capas bituminosas, conscientes de que de ello depende la mayor o menor duración de la vida de servicio de las mezclas bituminosas.

El color blanco permite reducir la temperatura del betún subyacente, limitando el pegado a los neumáticos que circulan por la obra, por otro lado, al tener un alto contenido en



Foto 3. Puesta en obra de mezclas bituminosas con riego de adherencia tratado con leche de cal en la autopista A-29 en Francia (foto cedida por Lhoist).

agua, permite la disminución de la temperatura de apoyo por la propia evaporación.

Aunque la idea esencial es aparentemente sencilla, se ha tardado varios años en Francia para poder afinar el sistema y poder incluirlo en los proyectos y consiguientes obras pues existe una serie de puntos clave en el proceso que deben especificarse y ser recogidos en una normativa de aplicación.

Para el extendido de la “leche de cal” la empresa SANEF ha modificado los equipos de extendido de salmuera, que se emplean en las operaciones de vialidad invernal, para hacerlos compatibles con esta nueva aplicación. Dicha adaptación consiste básicamente en equipar a las máquinas de salmuera con una bomba que permita la recirculación en el interior de la cisterna, un grupo electrógeno y un sistema de limpieza de alta presión, asociado a una cisterna adicional de agua.

Pese a parecer un sistema sencillo el desarrollo de la tecnología ha tenido el factor limitante de encontrar una leche de cal estable que permita una puesta en obra a gran escala.

El grupo Lhoist desarrolló una leche de cal concentrada, estable al 45% en masa sólida y comercializada bajo el nombre de Asphacal® TC. Este producto permitió que la sociedad concesionaria SANEF fuera pionera en el extendido de la leche de cal como protección de los riegos de adherencia.

El concentrado estable de “leche de cal” se libra a la obra mediante contenedores para a continuación diluirla y extender la resultante “leche de cal” diluida sobre el riego de adherencia en el momento adecuado.

3. Los riegos de adherencia

Se define como riego de adherencia la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos. Siendo de cumplimiento lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los Proyectos o, en su defecto, lo prescrito en el artículo 531 del vigente PG-3: RIEGOS DE ADHERENCIA, o en la normativa vigente de la Administración responsable de la obra.

Un riego de adherencia bien ejecutado es muy importante para la vida útil del firme al asegurar la unión de las capas bituminosas.

Según PG3, los materiales a utilizar y las dotaciones recomendadas son las siguientes:

- Tipo de emulsión: Se utilizará la emulsión bituminosa definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra. De forma general se podrán utilizar emulsiones bituminosas convencionales o modificadas. Estas últimas serán de utilización obligatoria para capas de rodadura constituidas por mezclas bituminosas drenantes o discontinuas en capa delgada, para las categorías de tráfico pesado T00 a T1, o en carreteras de categoría de tráfico pesado T2 cuando sean autopistas o tengan una IMD > 5.000 veh/d/carril.

El tipo de emulsión a emplear podrá ser C60B3 ADH o C60B3 TER. Cuan se trate de emulsiones modificada serán de los tipos C60BP3 ADH o C60BP3 TER.

- Dotación de la emulsión: La dotación de emulsión deberá estar definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra. En cualquier caso no será inferior a 200 g/m² de ligante residual. Cuando la capa superior sea una mezcla bituminosa discontinua, o bien una capa de rodadura drenante o bien una capa de hormigón bituminoso empleada como rehabilitación superficial de una carretera en servicio, esta dotación debe ser superior a 250 g/m².

Con la última revisión del PG3 se ha introducido una nueva prescripción en la evaluación del grado de adherencia en el apartado de especificaciones de la unidad terminada del artículo 531. La adherencia entre capas se con-

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

trola mediante el ensayo de corte, que se realiza según norma NLT-382, a partir de testigos cilíndricos tomados en obra, y se prescribe que debe ser superior o igual a seis décimas de megapascal ($\geq 0,6$ MPa), cuando una de las capas sea de rodadura, o a cuatro décimas de megapascal ($\geq 0,4$ MPa) entre las capas inferiores.

El “Centre de Recherches Routières” (CRR) desarrolló en 2012 especificaciones relativas a evaluación de la adherencia entre capas (similares a las recogidas en el nuevo PG3/2015); hasta entonces únicamente Alemania y Suiza habían incluido en sus pliegos criterios de adherencia entre capas. Estos países establecían unos valores mínimos de resistencia media al ensayo de cizallamiento y consideraban como adecuados los valores de adherencia entre capas superiores o iguales a 0,85 MPa.

El mencionado CRR ha desarrollado un estudio comparativo, mediante testigos y probetas fabricadas en laboratorio para diferentes tipos de mezclas bituminosas, de dos tipos de riegos de adherencia: uno de ellos ha sido el riego de adherencia convencional (que emplea emulsiones similares a las españolas), con una tasa única de betún residual de 300 g/m²; el otro ha consistido en aplicar, sobre la emulsión bituminosa, diferentes dotaciones de “leche de cal”.

4. La leche de cal y su aplicación en los riegos de adherencia de mezclas bituminosas en España

El empleo de “la leche de cal” ha sido objeto en los últimos años de diversos estudios de laboratorio por países europeos que muestran cómo la “leche de cal” diluida incrementa la adhesión entre las capas bituminosas con respecto a la solución convencional basada exclusivamente en emulsiones bituminosas.

En 2016 se realizan en España las primeras experiencias con la leche de cal, concretamente en la carretera N-230 en la provincia de Lleida en un tramo con conservación integral.

La leche de cal concentrada Asphacal® TC se suministra en contenedores de 1 m³. Y se debe diluir con agua en una proporción de 1 volumen de producto por 10 volúmenes de agua. La leche de cal se extiende diluida con una dotación de 250 g/m² encima del riego de adherencia. La limitación en la ejecución es que no se puede extender la leche de cal hasta la rotura total del riego de adherencia, ésta es una de las cuestiones básicas para el éxito de la técnica.



Foto 4. Detalle de la adaptación de la máquina de salmuera para el extendido de la leche de cal.

Para su correcta aplicación se adaptó una máquina de salmuera, siguiendo los modelos desarrollados en Francia tal como se muestra en la siguiente fotografía.

El extendido de la leche de cal se realizó en la travesía del municipio de Almenar, en una obra de conservación en la que se fresaban 5 cm de mezcla bituminosa y se reponía con 5 cm de mezcla bituminosa del tipo AC 16 surf S 50/70.

En primer lugar se extendió un riego de adherencia del tipo C60 B3 TER con una dotación superior a 250 g/m² de ligante residual.

El equipo para el extendido del riego de adherencia iba montado sobre neumáticos y dotado con una rampa de riego capaz de aplicar la emulsión con la temperatura y dotación descrita en el Pliego de Condiciones Técnicas.

El tramo objeto de la actuación se corresponde con una travesía urbana en el municipio de Almenar con una categoría de tráfico pesado tipo T2.

En las fotografías 5 y 6 se ilustra la actuación realizada en la provincia de Lleida.

5. Ensayos realizados

Una vez ejecutada la obra se realizó una campaña de testigos para ensayar la adherencia entre capas mediante el ensayo de “Adherencia entre capas” con el ensayo de corte según Norma NLT-382/08 y con el dispositivo de ensayo B.

Se tomaron testigos de una zona que contenía leche de cal sobre el riego de adherencia y en otra zona dónde únicamente se regaba con el riego de adherencia sin la extensión



Foto 5. Detalle de la leche de cal encima del riego de adherencia en la carretera N-230. Tramo: Travesía de Almenar.



Foto 6. Detalle de la leche de cal y de las operaciones del extendido de la mezcla bituminosa en la carretera N-230. Tramo: Travesía de Almenar.

de la leche de cal. Los resultados son los que refleja la tabla adjunta.

Los resultados, en el ensayo de corte, con leche de cal son ligeramente superiores a los resultados sin leche de cal en los seis testigos ensayados. Todos los testigos cumplen con las especificaciones establecidas en el artículo 531 del PG3.

Con estos pocos resultados no podemos valorar el efecto de la leche de cal sobre el ensayo de adherencia entre capas bituminosas. Para poder concluir sobre la influencia de la leche de cal en el ensayo de corte será necesario efectuar más campañas de extracción de testigos, en esta y en otras obras dónde se emplee la leche de cal, a fin de valorar la tendencia en los resultados de resistencia.

Además, se debería estudiar la evolución del ensayo de resistencia en el tiempo, de la aplicación de la lechada, con una campaña de extracción de testigos en los años posteriores a la puesta en obra (o al menos un año después de ejecutada la obra).

6. Conclusiones

Después de la primera experiencia en España y de los resultados en Francia desde hace diez años podemos concluir que:

- La leche de cal mejora la adherencia entre capas ya que garantiza que toda la emulsión extendida, mediante el riego de adherencia, permanece en la zona regada.
- El factor clave en el proceso es esperar a la rotura de la emulsión para el extendido de la leche de cal.
- En determinadas condiciones de humedad ambiental puede no adquirir el característico color blanco la superficie regada.

Tabla 1. Ensayo de corte en el control de ejecución de los riegos de adherencia entre capas bituminosas según Norma NLT-382:2008

Num	Ubicación	Diámetro (cm)	Resistencia (kN)	$\tau = (P/2) / S$ (MPa)
1	Sin leche de cal. Travesía dirección Viella	9,5	7,83	0,6
2	Sin leche de cal. Travesía dirección Viella	9,5	8,81	0,6
3	Con leche de cal. Glorieta	9,5	9,56	0,7
4	Con leche de cal. Glorieta	9,5	9,22	0,7
5	Con leche de cal. Travesía dirección Lleida	9,5	9,49	0,7
6	Con leche de cal. Travesía dirección Lleida	9,5	9,74	0,7

La leche de cal para la protección de los riegos de adherencia. Primeras aplicaciones en España

- La leche de cal es una buena solución técnica y económica; Es un proceso sencillo técnicamente ya que no precisa ni de complicadas formulaciones, ni de difíciles procesos de extendido. En cuanto al coste económico podemos afirmar que se trata de una solución barata respecto a los materiales y a los equipos de puesta en obra empleados en su aplicación.
- Es un procedimiento rápido ya que, una vez extendida la leche de cal, no es necesario esperar a que se seque para extender la mezcla bituminosa.
- El extendido de la leche de cal permite elevar el porcentaje de betún residual en los riegos de adherencia. Sobre todo en las superficies fresadas irregulares superficialmente.
- Los resultados obtenidos han demostrado, en primer lugar, que la aplicación adecuada de la “leche de cal” no tiene impacto negativo alguno sobre la adhesión entre capas bituminosas. Es decir, sumando por un lado la comprobación práctica en obra de que la “leche de cal” fija la emulsión bituminosa y evita que se adhiera a los neumáticos de los vehículos de obra y, por otro lado, se ha comprobado que la presencia de tal “leche de cal” no disminuye la adherencia de las capas de mezcla bituminosas entre sí, se puede concluir que esta técnica puede ser una muy buena solución a los problemas que habitualmente se dan en las obras de rehabilitación de firmes bituminosos en España.

Como conclusión a este artículo los autores pensamos que se debería profundizar en el estudio de la adherencia entre capas de mezcla bituminosa para poder saber, si además de lograr una correcta adherencia entre capas, el empleo de la leche de cal mejora de algún modo los valores del ensayo de corte definidos en el artículo 531 del PG3.

7. Bibliografía

- SETRA/DCT « Le décollement des couches de revêtement de chaussées », Note d'information chaussées-dépendances n°25, SETRA, 1986 (<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf/pdf/pj/Dtrf/000/Dtrf-0000692/DT692.pdf>)
- Mabile C., Petit J., Ragot G., Labbé V., Tougard C., Lesueur D., « Utilisation de lait de chaux en protection des couches d'accrochage ».
- Costa A., Buenas prácticas para la puesta en obra de mezclas bituminosas. Revista Asfalto y Pavimentación. N° 20. Primer trimestre 2016.
- Lesueur D., Leconte P., Brosseaud Y., Destrée A., Mabile C., « Emploi de lait de chaux Asphacal® TC en protection des couches d'accrochage ». RGRA N° 925. Febrero de 2015.

#56

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Un firme en mal estado afecta al confort y seguridad de los usuarios. Con nuevas mezclas asfálticas se recuperan las características superficiales de modo fácil, rápido y eficiente”

#CONFORT_Y_SEGURIDAD

UNE-EN 12697-13:2001: Medición de la temperatura

En esta sección se describen métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente.

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

1. Objeto y principio del ensayo

Procedimientos aplicables para medir la temperatura de una mezcla bituminosa en caliente, tras el proceso de mezclado y durante el almacenamiento, transporte y aplicación de la misma.

Esta norma no es aplicable a los aparatos medidores de temperatura a distancia.

2. Método operativo

La sonda del equipo debe acondicionarse previamente hasta una temperatura cercana.

En función del lugar de la toma de la temperatura se siguen distintos procedimientos, se citan los siguientes:

- Medición de la temperatura en un camión. Se toman al menos cuatro medidas espaciadas a cada lado del camión a una distancia al menos de 500 milímetros del borde, introduciendo la sonda al menos 100 milímetros.



Fotos de diferentes procedimientos de toma de temperatura.

- Medición de la temperatura de materiales puestos en obra. Se toman al menos cuatro medidas colocando el termómetro en el centro de la capa extendida. En este caso es recomendable emplear un medidor de rápida respuesta.
- Medición de la temperatura en el acopio. Se introduce la sonda al menos 100 milímetros en cuatro puntos alrededor del perímetro del acopio y por encima de 300 milímetros de la base.

En todos los casos, el resultado se calcula como el promedio de las cuatro mediciones en cada punto.

3. Equipamiento

Los equipos utilizados deben poder medir a intervalos de al menos 5°C con precisión de ± 2 °C, y ser apropiados para realizar mediciones en diferentes lugares, como es el camión, tolva, extendedora, etc, deben estar provistos de una sonda de al menos 300 milímetros con el sensor posicionado en un extremo.

Los equipos más apropiados para estas efectuar estas mediciones son termómetros electrónicos con termopares o termistores (las sondas termopar alcanzan un rango de temperatura mayor y los termistores no tienen precisión su-



Fotos de termómetros y bimetálico y electrónico.

ficiente excepto en un rango limitado) o termómetros bimetálicos rotatorios.

4. Puntos críticos

La toma de temperatura de una mezcla bituminosa es una operación sencilla e importante, y únicamente se debe asegurar seleccionar la zona de ensayo adecuadamente así como disponer de equipos de medida en buen estado de uso, tanto por su limpieza como por la ausencia de golpes o deformaciones y calibrado o verificado.

5. Comentarios

Es necesario seguir las indicaciones de los distintos Manuales, Pliegos y recomendaciones de los fabricantes de betún

para trabajar con las temperaturas adecuadas de las mezclas bituminosas en las distintas fases: fabricación, extendido y compactación. Utilizar temperaturas incorrectas puede provocar que sus propiedades sean modificadas reduciendo sus prestaciones. Conocer este dato con la mayor precisión posible permite asegurar la correcta aplicación de los productos.

6. Bibliografía

- UNE-EN 12697-13. Medición de la temperatura.
- UNE-EN 12697-38. Aparatos de ensayo y calibración.

La toma de temperatura en la mezcla bituminosa en caliente, a pesar de ser una operación con sencilla, tiene gran importancia para garantizar un correcto control de la fabricación y de la puesta en obra de la misma.

#57

AFIRMACIONES ASFÁLTICAS

“Un firme en mal estado propicia situaciones límite al conductor y al vehículo, aumentando los riesgos de accidente. Una adecuada conservación con mezclas asfálticas evita esos riesgos”

#CONFORT_Y_SEGURIDAD

Últimas actualizaciones en legislación, normativa y otras disposiciones

En esta sección se lista la actualización de la legislación y otras disposiciones, las normas EN que se han publicado, así como las nuevas normas que se han incluido para su revisión y que se encuentran en proyecto, para diferentes materiales relacionados con las mezclas bituminosas (áridos, ligantes bituminosos y mezclas). En esta entrega se recoge el listado de normas desde el 28 de noviembre de 2016 hasta el 27 de marzo de 2017.

NORMATIVA EN PROYECTO

Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1)

- **UNE EN 13075-1 (Publicada en Febrero de 2017):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento a la rotura. Parte 1: Determinación del índice de rotura de las emulsiones bituminosas catiónicas, método de la carga mineral
- **UNE EN 13075-2 (Publicada en Febrero de 2017):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación del comportamiento a la rotura. Parte 2: Determinación del tiempo de mezclado con finos de las emulsiones bituminosas catiónicas
- **UNE EN 16849 (Publicada en Febrero de 2017):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de del contenido de agua en las emulsiones bituminosas. Método por evaporación en termobalanza

NORMATIVA EN PROYECTO

Betunes y ligantes bituminosos (Comité Técnico AEN/CTN 51/SC1)

- **PNE-prEN 1431 (Última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación por destilación del ligante residual y de los fluidificantes en las emulsiones bituminosas
- **PNE-prEN 12591 (Última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Especificaciones de betunes para pavimentación
- **PNE-prEN 13302 (Última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica de los ligantes bituminosos usando un viscosímetro de rotación de aguja
- **PNE-prEN 13303 (Última publicación año 2009):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la pérdida de masa por calentamiento de los betunes industriales
- **PNE-prEN 13398 (Última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la recuperación elástica de los betunes modificados
- **PNE-prEN 13399 (Última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la estabilidad al almacenamiento de los betunes modificados
- **PNE-EN 13587 (Última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de los ligantes bituminosos por el método del ensayo de tracción
- **PNE-prEN 13588 (Última publicación año 2008):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la cohesión de los ligantes bituminosos mediante el ensayo de péndulo
- **PNE-prEN 13589 (Última publicación año 2008):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método fuerza-ductilidad
- **PNE-prEN 13702 (Última publicación año 2010):** Betunes y ligantes bituminosos. Determinación de la viscosidad dinámica del betún modificado por el método del cono y la placa.

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2)

- **PNE-prEN ISO 11819-2 (última publicación año 2002):** Acústica. Medida de la influencia de la superficie de la carretera en el ruido de rodadura. Parte 2: Método de proximidad
- **PNE-EN 12274-1 (última publicación año 2002):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Toma de muestras
- **PNE-EN 12274-2 (última publicación año 2003):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del contenido en ligante residual incluida la preparación de las muestras

NORMATIVA EN PROYECTO (CONTINUACIÓN)

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2)

- **PNE-EN 12274-3 (última publicación año 2002):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 3: Consistencia
- **PNE-EN 12274-4 (última publicación año 2003):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la cohesión de la mezcla
- **PNE-EN 12274-5 (última publicación año 2003):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación del contenido mínimo de aglomerante y resistencia al desgaste
- **PNE-EN 12274-6 (última publicación año 2002):** Lechadas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Velocidad de aplicación
- **PNE-prEN 12697-10 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 10: Compactibilidad
- **PNE-prEN 12697-12 (última publicación año 2009):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua
- **PNE-prEN 12697-13 (última publicación año 2001):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 13: Medición de la temperatura
- **PNE-EN 12697-16 (última publicación año 2006):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 16: Abrasión por neumáticos claveteados
- **PNE-EN 12697-17 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 17: Pérdida de partículas de una probeta de mezcla bituminosa drenante
- **PNE-prEN 12697-18 (última publicación año 2006):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 18: Ensayo de escurrecimiento de ligante
- **PNE-prEN 12697-23 (última publicación año 2004):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 23: Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas bituminosas
- **PNE-prEN 12697-24 (última publicación año 2013):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 24: Resistencia a fatiga
- **PNE-EN 12697-25 (última publicación año 2006):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 25: Ensayo de compresión cíclico
- **PNE-prEN 12697-26 (última publicación año 2012):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez
- **PNE-prEN 12697-27 (última publicación año 2001):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras
- **PNE-EN 12697-35 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 35: Mezclado en laboratorio
- **PNE-FprCEN/TS 12697-51 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 51: Ensayo de resistencia superficial al corte
- **PNE-FprCEN/TS 12697-52 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 52: Acondicionamiento para determinar el envejecimiento oxidativo
- **PNE-prEN 12697-53 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 53: Control del incremento de la cohesión mediante el método del manejabilímetro
- **PNE-EN 13108-2 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 2: Hormigón bituminoso para capas muy delgadas
- **PNE-EN 13108-3 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 3: Mezclas bituminosas tipo SA
- **PNE-EN 13108-4 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 4: Mezcla bituminosa tipo HRA
- **PNE-EN 13108-5 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA
- **PNE-EN 13108-6 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 6: Másticos bituminosos
- **PNE-EN 13108-7 (última publicación año 2008):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 7: Mezclas bituminosas drenantes
- **PNE-EN 13108-8 (última publicación año 2007):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 8: Mezcla bituminosa reciclada
- **PNE-EN 13108-9 (norma nueva):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 9: Mezcla bituminosa tipo AUTL
- **PNE-EN 13108-20 (última publicación año 2009):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 20: Ensayos de tipo

NORMATIVA EN PROYECTO (CONTINUACIÓN)

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 41/SC-2) (Continuación)

- **PNE-EN 13108-21 (última publicación año 2009):** Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 21: Control de producción en fábrica
- **PNE-prEN 13285 (última publicación año 2010):** Mezclas de áridos sin ligante. Especificaciones
- **PNE-prEN 13880-8 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 8: Método de ensayo para la determinación de la variación de la masa de los productos de sellado resistentes a los carburantes después de la inmersión en carburante
- **PNE-prEN 13880-10 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 10: Método de ensayo para la determinación de la adherencia y de la cohesión después del alargamiento y compresión continuados
- **PNE-prEN 13880-13 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en caliente. Parte 13: Método de ensayo para la determinación del alargamiento discontinuo (ensayo de adherencia)
- **PNE-prEN 14187-1 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 1: Determinación de la tasa de polimerización
- **PNE-prEN 14187-2 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 2: Determinación del tiempo de pegajosidad
- **PNE-prEN 14187-3 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 3: Determinación de las propiedades autonivelantes
- **PNE-prEN 14187-4 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 4: Determinación de la variación de más y volumen después de la inmersión en carburante de ensayo y en productos químicos líquidos
- **PNE-prEN 14187-5 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 5: Determinación de la resistencia a la hidrólisis
- **PNE-prEN 14187-6 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 6: Determinación de las propiedades de adherencia y cohesión después de la inmersión en combustibles de ensayo y en productos químicos líquidos
- **PNE-prEN 14187-7 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 7: Determinación de la resistencia a la llama
- **PNE-prEN 14187-8 (última publicación año 2004):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 8: Determinación del envejecimiento artificial por radiación ultravioleta
- **PNE-prEN 14187-9 (última publicación año 2007):** Productos de sellado aplicados en frío. Método de ensayo. Parte 9: Ensayo de funcionamiento de productos de sellado
- **PNE-prEN 14188-2 (última publicación año 2005):** Productos de sellado de juntas. Parte 2: Especificaciones para productos de sellado aplicados en frío

Mezclas bituminosas (Comité Técnico AEN/CTN 146)

- **PNE-prEN 13043 (última publicación año 2004):** Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas
- **PNE-prEN 1097-2 (última publicación año 2010):** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- **PNE-prEN 1097-8 (última publicación año 2010):** Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 8: Determinación del coeficiente de pulimento acelerado
- **PNE-prEN 16236 (norma nueva):** Evaluación de la conformidad de los áridos. Ensayos iniciales de tipo y control de producción en fábrica

COMENTARIOS SOBRE LAS NORMAS

- En esta entrega es importante destacar la publicación de normativa nueva para emulsiones bituminosas destacando sobre todo la norma de Índice de Rotura, método de ensayo a partir del cual se determina el grado de estabilidad de una emulsión reflejado en su nomenclatura. Igualmente destacar la publicación de la norma para la determinación del contenido de ligante de una emulsión por termobalanza.
- En cuanto a las normas que se encuentran el proyecto destacar para cada uno de los materiales lo siguiente:
 - Normas para betunes; se están revisando varias normas para la caracterización de betunes modificados así como la norma de especificaciones para betunes de penetración
 - Normas para mezclas bituminosas; se están revisando las normas para la caracterización de las lechadas bituminosas así como para mezclas en caliente, destacando para estas últimas, la aparición de normas de nueva redacción
 - Normas para áridos; señalar la revisión de la normativa de áridos empleados en carreteras así como la redacción de una nueva norma para la evaluación de la conformidad de los áridos para el ensayo inicial de tipo y el control de producción en planta.

OTRAS NOTICIAS

NOTA DE SERVICIO 1/2017 SOBRE EL VALOR UMBRAL DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO TRANSVERSAL (CRT) MEDIDO CON EQUIPO SCRIM (PUBLICADO POR EL MINISTERIO DE FOMENTO CON FECHA 13 DE FEBRERO DE 2017)

Esta nota de servicio incluye información al respecto de la medida del Coeficiente de Rozamiento Transversal en los siguientes términos:

- El método considerado para la medida de la adherencia del neumático al pavimento en la Red de Carreteras del Estado, es el CRT medido con el equipo SCRIM según la norma UNE 41201, no considerándose como válido los datos que pudieran aportar otros métodos como el Grip Tester según la norma CEN/TS 15901-7.
- Dada la singularidad de esta medida que puede verse afectada por diferentes condiciones como grado de limpieza, nivel de humedad, macrotextura, etc, las medidas serán realizadas en las épocas de primavera y otoño.
- Las zonas donde se realizarán las medidas, corresponde en autopistas en el carril de vehículos pesados, y en uno de los dos carriles para las carreteras convencionales.
- Se indica un valor umbral de CRT de 35% en unas condiciones específicas de medida.
- Si durante la realización de las medidas se obtienen valores inferiores al umbral, en los tramos de al menos 100 m de longitud, se procederá a realizar estudios para determinar las acciones correctoras, procediendo a su señalización de conformidad con la normativa vigente.
- Igualmente se recomienda, en función de la disponibilidad presupuestaria, valorar la conveniencia de extender esta acción a los tramos con valores de CRT promedio por debajo de 45.

Noticias del sector

En esta sección recogemos informaciones sobre citas relevantes, convocatorias e iniciativas relacionadas con el sector de la pavimentación.

La VII Jornada de ensayos de Asefma promueve la durabilidad de los pavimentos bituminosos

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos acogió, el pasado día 8 de marzo, la VII Jornada de ensayos sobre mezclas bituminosas, en la que se expusieron los principales trabajos científicos realizados en España durante el último año en materia de experimentación con mezclas asfálticas, bajo el paraguas de la durabilidad de los pavimentos bituminosos.

La jornada, organizada por Asefma y coordinada por José Luis Peña, logró un amplio alcance. Los ponentes y participantes en mesa redonda no solo transmitieron sus altos conocimientos técnicos de modo eficaz sino que además conectaron con asistentes y público online, que respondió difundiendo ampliamente los contenidos abordados durante el evento. La audiencia online superó los 170.000 usuarios y el debate generado en Twitter con el hashtag #VIIJornadaEnsayos llegó a 170.680 usuarios, generando un total de 2.766.254 impresiones.

Los contenidos se estructuraron en torno a la durabilidad de los pavimentos bituminosos y, por extensión, la necesidad de mejorar la sostenibilidad ambiental, económica y social del sector de la pavimentación de carreteras.

En la primera sesión técnica se demostró cómo ensayos sobre los que se tiene cierta experiencia pueden ayudar problemas prácticos en el diseño de mezclas bituminosas y firmes. En esta línea se abordaron cuestiones como el mejor método para identificar la rigidez de una mezcla bituminosa, la capacidad de simular las condiciones en servicio de los ensayos de fatiga, las soluciones para reducir la fisuración de las mezclas bituminosas y el uso del ensayo de escurrimiento de ligante.

En la segunda sesión se presentó el primer avance del trabajo experimental que está desarrollando ALEAS sobre la "adherencia entre capas" y en el que participan una quin-

cena de laboratorios. A partir de una serie de problemas detectados en los controles de obras, se realiza una tarea sistemática de puesta a punto de equipos de laboratorio y protocolos de ensayo con el fin de identificar las condiciones óptimas que permitan verificar la adherencia entre las capas de los pavimentos. Los resultados preliminares muestran diferencias entre los dos equipos de ensayo disponibles y los análisis estadísticos han permitido validar que parámetros medidos generan mayor confianza.

Por su parte, la tercera sesión técnica puede decirse que integra el "corazón" de la jornada de ensayos. Desde la primera edición de estas jornadas, el objetivo primordial fue dar visibilidad a trabajos técnicos publicados en las jornadas nacionales de Asefma y que, por falta de tiempo, no se les podía prestar la atención que se merecían. En este caso, las dos comunicaciones libres, que casualmente correspondían a los mismos autores, fueron desarrolladas en una única presentación que se centraba en la búsqueda de métodos alternativos de cuantificación de la resistencia a la fatiga de las mezclas bituminosas. En la presentación se mostraron los ensayos EBADE y DUSST, además de unas interesantes reflexiones sobre la histéresis en las mezclas bituminosas.

Por último, la cuarta sesión abordó una cuestión que fue la génesis del grupo ALEAS: el control de calidad en planta y en obras. ¿Vale la pena que las empresas fabricantes y aplicadoras de mezclas bituminosas dispongan de laboratorios y recursos técnicos y humanos de gran nivel? ¿Se valora en el mercado? En caso negativo, ¿qué se puede hacer para dar valor a estas inversiones? Todas estas cuestiones, y algunas más, fueron abordadas en la mesa redonda que siguió a una presentación introductoria de las problemáticas anteriormente citadas y en la que participaron administraciones de carreteras, fabricantes de mezclas y suministradores de materias primas.

Las conclusiones de la jornada las señaló el coordinador de esta y director de la Plataforma Tecnológica de la Carretera, José Luis Peña. "Hemos presentado soluciones a problemáticas extendidas en el sector, aportado propuestas so-

bre cómo orientar el futuro control de calidad en las obras de pavimentación y expuesto nuevas tecnologías que pueden ayudar a esta finalidad”, afirmó. “Las conclusiones de la jornada deben difundirse entre los técnicos del sector pero también han de llegar a los responsables de las administraciones de carreteras para que ayuden a integrar elementos normativos en las licitaciones que potencien la tecnificación y la mejora continua en el sector de la pavimentación”.

La Generalitat abre una consulta para incorporar tecnologías sostenibles a los firmes de carreteras mediante compra pública innovadora

El Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Catalunya ha abierto una consulta preliminar del mercado para incorporar tecnologías sostenibles a los firmes de las carreteras catalanas mediante compra pública innovadora (CPI). Se trata de la primera iniciativa del programa de compra pública de innovación de la RIS3CAT, que se enmarca en el Plan Nacional de Compra Pública de Innovación (CPI), coordinado por el Departamento de la Vicepresidencia y de Economía y Hacienda. Esta consulta al mercado se traducirá en una primera fase en dos actuaciones de mejora del firme para ejecutar durante el 2017 en las carreteras B-224 entre Vallbona d'Anoia y Piera (Anoia) y en la TV-7013 entre Alforja y la Selva del Camp (Tarragona).

Esta iniciativa pretende promover la aplicación de materiales y tecnologías más sostenibles en el diseño, producción, construcción y mantenimiento de firmes para carreteras, a la vez que aportar valores añadidos a su funcionalidad básica de seguridad vial. Las primeras dos actuaciones que se impulsarán mediante este procedimiento suman una inversión prevista de dos millones de euros y serán las primeras de un plan para aplicar firmes más sostenibles, dotado con un presupuesto de 52 millones de euros hasta 2021.

Mediante la consulta quiere conocer las características técnicas y la calidad de las soluciones propuestas por el mercado y permitir a los interesados formular comentarios y sugerencias, que serán considerados por el órgano de contratación en la preparación de la licitación.

A finales de marzo se han publicado los resultados de la consulta abierta al mercado.

La producción de mezclas en España desciende casi un 20% en 2016

De forma reciente, la Asociación Europea de Asfalto y Pavimento (EAPA, por sus siglas en inglés) ha hecho público su informe “Asphalt in figures 2015” que recoge la actividad del sector del asfalto en Europa, y que recogemos en nuestra sección de Observatorio de mercado.

La producción global de mezclas bituminosas en Europa alcanzó los 278,8 millones de toneladas en 2015, anuncia EAPA en su último informe sectorial. Estos resultados significan un repunte del 5,7% respecto al año precedente, en el que se registraron 263,7 millones de toneladas.

En cuanto a España, EAPA anuncia que la producción española de mezclas asfálticas cerró 2015 con un ligero repunte respecto al ejercicio anterior, lo que confirma la información emitida por Asefma a principios de 2016. Los 16,4 millones de toneladas producidas durante 2015 significan un crecimiento del 13% respecto a 2014, pero no son indicio de recuperación. Los resultados que maneja Asefma respecto al ejercicio económico 2016 indican que la actividad productiva del sector español ha vuelto a caer a mínimos históricos. Atendiendo a estas cifras, España ha pasado de ser el segundo país europeo productor de asfalto (2008) a ocupar hoy la séptima posición por detrás de Alemania (39 millones de toneladas), Turquía (37,9), Francia (31,5), Italia (23,1), Gran Bretaña (21,9) y Polonia (18,5).

Los primeros resultados que maneja Asefma respecto al ejercicio 2016 indican que la actividad productiva del sector ha caído un 19,5% con respecto a 2015, (13,2 millones de toneladas).

Respecto al número de empresas de la industria del asfalto activas en Europa durante 2015, en el territorio europeo han operado al menos 10.739 compañías, lo que supone un descenso del 0,3% respecto al año anterior (en 2014, los datos disponibles contaban 10.772 empresas activas). De estas entidades: 478 se dedican solo a la producción, 8.378 solo al extendido y 1.883 realizan ambas actividades. En el caso de España, las compañías activas en 2015 han sido 80 menos (es decir: operan 22,1% menos empresas) que en el ejercicio económico anterior. En total han sido 281 las entidades en activo durante 2015: 6 exclusivamente para producción, 150 en extendido y 121 en producción y extendido.

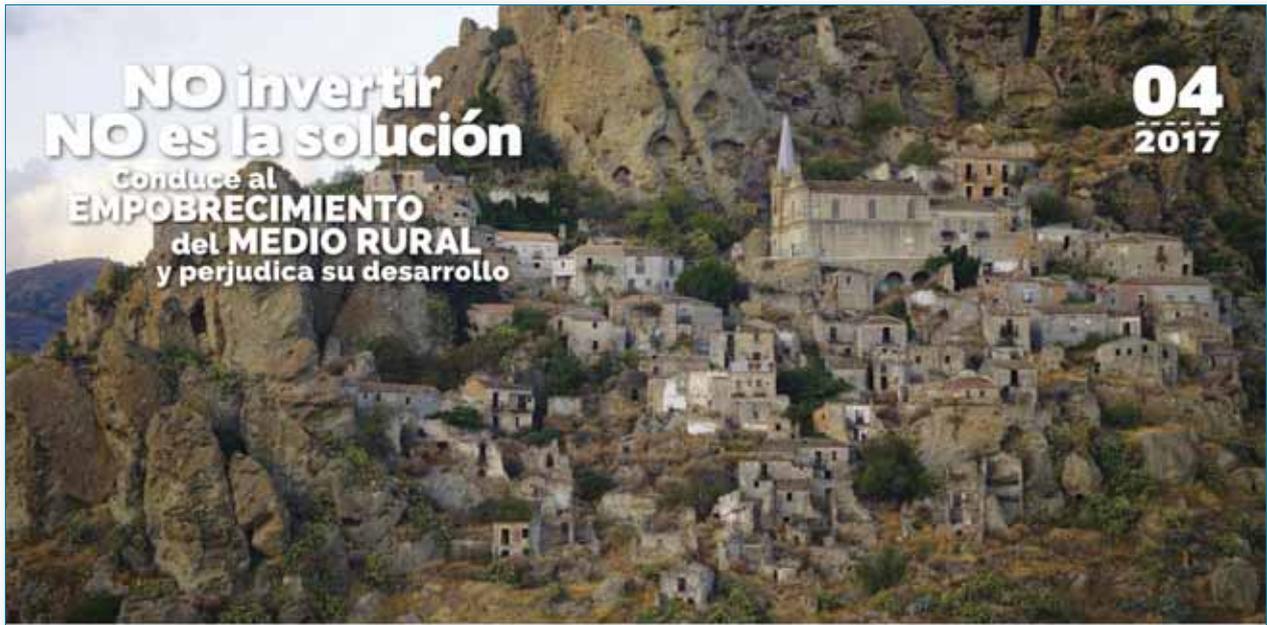
Calendario de eventos

AÑO 2017

10-12 de abril TRB	International Congress on Transport Infrastructure and Systems	Roma (Italia) www.trb.org
10-15 de abril IRF	Asphalt Materials & Strategies for Managing & Maintaining Your Pavements	San Francisco, California (EEUU) www.irf.global
25-27 de abril TRB	International Bridge and Structures Management Conference	Mesa, Arizona (EEUU) www.trb.org
25-29 de abril Feria de Zaragoza	Salón Internacional de Maquinaria de Obras Públicas, Construcción y Minería (Smopyc)	Zaragoza (España) www.smopyc.com
26-27 de abril AEC	Gestión de Pavimentos en Redes Autonómicas y Provinciales	Zaragoza (España) www.aecarretera.com
1-3 de mayo MESAT	4 th Mesat Conference on Asphalt pavements in the Middle East: Sustainability and Performance Specifications	Irán www.mesat2017.org
14-18 de mayo TRB	16 th TRB Transportation Planning Applications Conference	Raleigh, North Carolina (EEUU) www.trb.org
17 de mayo Ayuntamiento de Málaga	IV Jornada Técnica de Conservación Vial Smart City: Conservación Urbana Sostenible	Raleigh, North Carolina (EEUU) www.malaga.conservacionvial.es
21-24 de mayo TRB	5 th Urban Street Symposium Management Conference	Raleigh, North Carolina (EEUU) www.trb.org
24-25 de mayo IRF	Cost Effective Pavements Today for a Greener Tomorrow	Lisboa (Portugal) www.irf.global
30-31 de mayo ASEFMA	XII Jornada Nacional de Asefma	Madrid (España) www.asefma.es
1 de junio EAPA	EAPA Symposium 2017	París (Francia) www.eapa.org
9-12 de junio TRB	International Conference on Transportation Infrastructure and Materials	Quingdao (China) www.trb.org
12-14 de junio EATA	7 th EATA Conference	Dübendorf (Suiza) http://eata2017.empa.ch
14-17 de junio TRB	Workshop on Future Highway Capacity manual Updates	Minneapolis, Minnesota (EEUU) www.trb.org
12-16 de junio Politecnico Milano 1863	WCPAM 2017. World Congress on Pavement and Asset Management	Milán (Italia) www.wcpam2017.com
28-30 de junio BCRRA	10 th International Conference on Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields	Atenas (Grecia) www.bcrra2017.com
13-16 de agosto AAPA	XVII AAPA International Flexible Conference. "Roads of the Future – Embracing Disruption"	Melbourne (Australia) www.aapa.asn.au/news-and-events/
23-25 de agosto AMAAC	Seminario PIARC-AILA + Décimo Congreso Mexicano del Asfalto	Cancún (México) www.amaac.org
7 de noviembre Plataforma Tecnológica de la Carretera (PTC)	Innovacarretera 2017	Madrid (España) www.ptcarretera.es
27-30 de noviembre CILA	XIX Congreso Iberoamericano del Asfalto	Medellín (Colombia) www.cila2017.com

AÑO 2018

7-11 de enero TRB	TRB 97 th Annual Meeting	Washington, DC (EEUU) www.trb.org
11-14 de febrero NAPA	NAPA Annual Meeting	San Diego, California (EEUU) www.asphaltpavement.org
20-23 de febrero AEMA-ARRA-ARSA	AEMA-ARRA-ARSA Annual Meeting	Indian Wells, California (EEUU) www.aema.org
6-8 de marzo World of Asphalt	World of Asphalt Show & Conferenc	Houston, Texas (EEUU) /www.worldofasphalt.com



**NO invertir
NO es la solución**
Conduce al
EMPOBRECIMIENTO
del **MEDIO RURAL**
y perjudica su desarrollo

04
2017

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

ABRIL 2017

Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas

[/asfma](#) [@asfma_es](#) [/company/asfma](#)

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30



La **INVERSIÓN** en el mantenimiento
de la red de autovías **FAVORECE**
La **ACTIVIDAD** de **TODOS**
los **SECTORES PRODUCTIVOS**

05
2017

REFORZANDO el firme, consolidando el FUTURO →

MAYO 2017

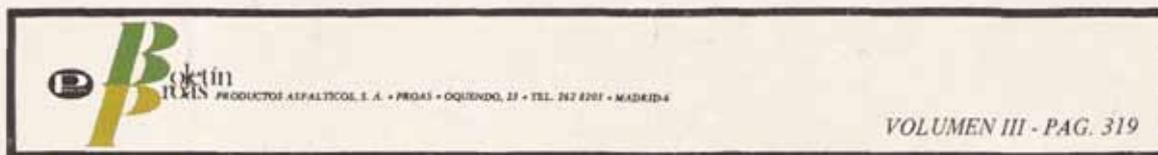
Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas

[/asfma](#) [@asfma_es](#) [/company/asfma](#)

L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Mirando al pasado

Documento publicado en marzo-julio de 1983.



COMENTARIO DE ACTUALIDAD

Correr mucho sin avanzar sería una forma sintética de definir lo que está ocurriendo en España con las carreteras. Hemos pasado una etapa de atonía en la que las carreteras se desmoronaban gradualmente sin que pareciera importarle a nadie a juzgar por las escasas referencias al fenómeno que se producían en los medios de comunicación y en las declaraciones de los Ministros. Desde hace aproximadamente un par de años, se habla con frecuencia de las carreteras. Todo el mundo está de acuerdo en que están muy mal. Se afirma "además", con toda la razón del mundo, que el que las carreteras estén mal es

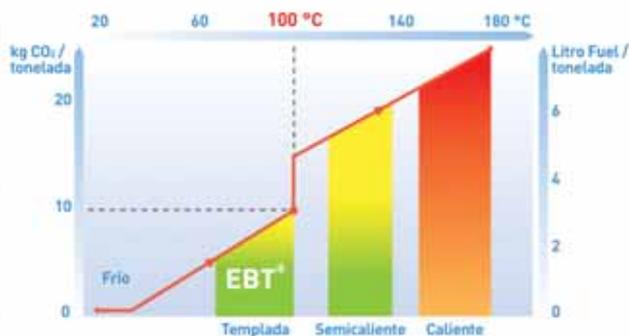
ruinoso para el país. Se incrementan apreciablemente los presupuestos dedicados a estas actuaciones, se inician planes de carreteras... Todo parece indicar, pues, que el problema está en vías de solución. Sin embargo, cuando se analiza realmente la situación, después de un acceso de optimismo originado por todas estas impresiones evidentemente favorables, se encuentra uno con que la red de carreteras sólo mejora en tramos muy localizados pero que, en su conjunto, continúa degradándose, y con que, si se comparan los fondos disponibles para su construcción y conservación con los que harían falta para atenderlas debidamente, las necesidades económicas de las carreteras siguen estando cubiertas aproximadamente al 50 %, igual que hace dos, tres o cuatro años.

Esto se debe, por una parte, al incremento de los costos, y por otra, a que las necesidades económicas se habían calculado básicamente en función de las exigencias de conservación de las carreteras, pero al disponerse de más dinero, inevitablemente se han empezado a atender también otras necesidades que han absorbido una parte importante de los fondos, de manera que la conservación se ha quedado, como siempre, insuficientemente atendida.

Si se desea atender adecuadamente la conservación y además hacer también otras obras que indudablemente son necesarias y beneficiosas para el nivel de servicio de la red, hace falta más presupuesto.

En un próximo comentario hablaremos también de las necesidades de las vías secundarias, de las que casi siempre se olvida todo el mundo a la hora de establecer previsiones, y quizás (esto será dentro de dos o tres meses) tengamos que hablar también de la maldición de las carreteras, consistente en que si alguien habla de restringir el gasto público, ya sabemos que esto significará casi siempre un recorte en los presupuestos de carreteras porque parece que aún no ha quedado suficientemente claro que el dinero que va a las carreteras no es gasto propiamente dicho sino la inversión más rentable que un Estado moderno puede hacer si tiene una red de carreteras tan deficiente y mal conservada como la española.

Con las Mezclas Templadas con Betún,
el código de la circulación ha cambiado.



Mezclas Templadas con Betún, una nueva generación de mezclas asfálticas

Para un futuro más responsable, Eiffage Infraestructuras ha desarrollado las mezclas templadas con betún. Fabricada a menos de 100°C y aplicada hasta 75°C, esta mezcla templada a baja temperatura posee cualidades excepcionales :

- un consumo de energía dos veces inferior al de una mezcla convencional,
- una disminución del 50% de las emisiones de gas de efecto invernadero,
- un confort de aplicación inigualable.

Premio Mundial AIPCR 2007
del desarrollo sostenible

www.infraestructuras.eiffage.es

EIFFAGE
INFRAESTRUCTURAS

RUS
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

TRIALSA
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

PANASFALTO
EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS

LOS SERRANOS

Lecturas recomendadas

Informe: Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas. LanammeUCR-. 2015. 19 pp.

La investigación realiza una recopilación de la literatura internacional y nacional sobre adecuadas prácticas constructivas en relación con la actividad de aplicación del riego de adherencia para la colocación de refuerzos asfálticos.. Esta publicación estudia la importancia del riego de adherencia en la interfaz de adherencia entre las capas, así como las consecuencias de un inadecuado riego de liga en el desempeño de la estructura del pavimento. Además profundiza en técnicas constructivas tales como la limpieza y condición de la superficie de intervención, el funcionamiento y la calibración del equipo dosificador, la aplicación y cobertura uniforme del material bituminoso, y la rotura y curado del ligante bituminoso.



<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/productos-PITRA/Publicaciones/especiales/aplicacion%20de%20riego%20de%20liga.pdf>



Informe: "Asphalt Fatigue Damage Healing and Endurance Limits Guide Implementation Options". Austroads. 2016. 117pp.

Diversas investigaciones han sugerido que puede existir un límite de resistencia a la fatiga del asfalto, donde la deformación aplicada es suficientemente baja, no se acumula daño por fatiga en el asfalto ya que la velocidad de curado asfáltico excede la tasa de acumulación de daños. La existencia de tales límites tiene implicaciones para el diseño de pavimentos de asfalto grueso incluyendo posibles reducciones en el espesor del pavimento bajo ciertas condiciones. Este informe resume el trabajo de laboratorio, la modelización informática y los estudios de campo realizados para identificar y validar el concepto de límite de resistencia al asfalto. Resume los procedimientos de diseño de asfalto utilizados en el extranjero que incorporan un límite de resistencia a la fatiga asfáltica y discute opciones para la revisión del diseño del pavimento Austroads.

<https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-T319-16>

Informe: NZ Transport Agency research report 599 "Review of the NZ Transport Agency treatment selection algorithm". 2016. 67 pp.

El objetivo de esta investigación, realizada entre 2012 y 2015, fue mejorar el algoritmo de selección de tratamiento (TSA). La TSA se utiliza para prever el calendario y el tipo de tratamiento de los trabajos y así mantener las carreteras en buenas condiciones, minimizando el coste de ciclo de vida en el corto y medio plazo. Desde que se desarrolló el TSA, los sitios de monitoreo del desempeño del pavimento a largo plazo han proporcionado información práctica. A lo largo de este periodo, las técnicas y los parámetros de medición de pavimentos y estado de la superficie se han desarrollado, y los parámetros de análisis económico han cambiado. El algoritmo, utilizado para guiar las futuras obras de pavimentación, debe actualizarse con los conocimientos y experiencia reciente.



<https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/599/599.pdf>

LET US CARE YOUR ROAD

Asphalt

Especialistas en productos Químicos y mejoras Tecnológicas para la industria asfáltica global, con dedicación exclusiva y asesoramiento personalizado.

Total compromiso con la innovación y desarrollo de alternativas ecológicas.

Fabricación y suministro de Aditivos para mezclas bituminosas y ligantes asfálticos.



Especialidades para aplicaciones asfálticas

Fibras de celulosa granulares, **Ceras** y **Tensoactivos** para la fabricación de mezclas semicalientes, **Activantes de adhesividad** (a+p), **Pigmentos de alto rendimiento** para mezclas en caliente, **Ligante sintético** granular, **ECO-aditivo** para la fabricación de mezclas en frío ensacables, **Asfalto natural** y endurecedores de ligante, **Antiadherentes vegetales** y limpiadores alternativos al gasóleo, **Polímeros**, **Caucho NFU** y **resinas**, **Rejuvenecedores** (RAP), aditivo **Antihielo**, **Emulgentes**, **Acidificantes**, dispersiones SBR (**Látex**), **Solventes ecológicos**, revestimientos **Antiqueroseno**, **Pinturas** decorativas resistentes al tráfico, **sistemas para Impresión** de pavimentos, tratamientos **Protectores** de gran desempeño, **Estabilizantes** para suelos, tratamientos **Antipolvo**...



Campi y Jové

Member of



c/ Venezuela, 103 • 08019 Barcelona • Tel. +34 934 769 220 • asfaltica@cyjgroup.com • www.cyjgroup.com
ESPAÑA • ARGELIA • FRANCIA • HOLANDA • MARRUECOS • POLONIA • PORTUGAL • RUMANIA • TUNEZ

También presentes en ARGENTINA • BOLIVIA • BRASIL • COLOMBIA • CHILE • GUATEMALA • MEXICO • PARAGUAY • PERU

I+D+i. Proyectos destacados

Programa LIFE de la UE: Proyecto SustainEuroRoad



El programa LIFE es el instrumento de financiación de la UE para el medio ambiente y la acción climática. El objetivo general de LIFE es contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política y la legislación medioambiental y climática de la UE mediante la cofinanciación de proyectos con valor añadido europeo.

LIFE comenzó en 1992 y hasta la fecha se han llevado a cabo cuatro fases completas del programa (LIFE I: 1992-1995, LIFE II: 1996-1999, LIFE III: 2000-2006 y LIFE +: 2007-2013). Durante este período, LIFE ha cofinanciado unos 3954 proyectos en toda la UE, contribuyendo con aproximadamente 3 100 millones de euros a la protección del medio ambiente.

La Comisión Europea (DG Medio Ambiente y DG Acción Climática) gestiona el programa LIFE. La Comisión ha delegado la ejecución de numerosos componentes del programa LIFE en la Agencia Ejecutiva para las Pequeñas y Medianas Empresas (EASME). Los equipos externos de selección, supervisión y comunicación prestan asistencia a la Comisión y al EASME. El Banco Europeo de Inversiones gestionará los dos nuevos instrumentos financieros (NCFE y PF4EE).

<http://ec.europa.eu/environment/life/about/index.htm>
#life2014

El mundo de la pavimentación asfáltica ha participado de forma muy activa en las diversas convocatorias. Debido a que la tipología de proyectos a seleccionar está orientada al uso de demostradores, el sector del asfalto ha encontrado en este programa un magnífico elemento de apoyo a la I+D+i.

En este número, y otros sucesivos, se van a citar algunos de los proyectos más destacados del programa LIFE relacionados con el mundo de la pavimentación.

<http://sustainableroads.eu/>

El proyecto SustainEuroRoad busca desarrollar una metodología de evaluación ambiental aplicable a las obras de construcción y rehabilitación de carreteras. El principal resultado del proyecto será un software adaptado a los diversos países de los socios del proyecto que permitirá a empresas y administraciones públicas cuantificar los impactos ambientales de las obras de acuerdo a los siguientes indicadores:

- Consumo energético (MJ)
- Emisiones de gases con efecto invernadero (t CO₂e)
- Consumo de áridos
- Reutilización de asfalto recuperado.





Abrimos paso a nuevas ideas

¿Una carretera que descontamina el aire que respiramos? ¿Residuos domésticos reciclados en áridos para la carretera? ¿Pavimentos que en su fabricación ahorran energía y reducen la emisión de gases? ¿Pavimentos que absorben el ruido del tráfico? Hasta hace poco, estas ideas eran pura ficción. Actualmente ya tienen nombre: Noxepur®, Tempera®, Viaphone®..... y se utilizan diariamente con éxito. Para imaginar carreteras de mañana, creemos en las nuevas ideas, incluso en las más sorprendentes, por eso innovamos.

Los profesionales del sector del asfalto más activos en redes sociales

Cada vez son más los técnicos del sector que confían en la redes sociales como medio de difusión de innovaciones, estudios e informes o para dar la mayor presencia posible a eventos que se celebran. La posibilidad de expresar las preocupaciones que afectan al sector de la carretera en cuestiones técnicas o económicas o acercar todos estos contenidos al usuario de a pie son algunas de las muchas posibilidades que se abren. Destacamos en este número una selección de algunos profesionales españoles clasificados por el índice de influencia digital (Klout index) de marzo de 2017. La mejor noticia es que la lista continúa creciendo, lo que demuestra que Twitter constituye en estos momentos una herramienta imprescindible para la comunicación.



Juan José Potti (@jjpotti), presidente ejecutivo de Asefma (@asefma_es), presidente de la Plataforma Técnica de la Carretera (@ptcarretera) y director de la revista Asfalto y Pavimentación. Su actividad en el

terreno online se complementa, además, con el espacio el blogdejjpotti.wordpress.com. En el mes de marzo de 2017 alcanzó un índice Klout superior a 67, el más elevado de esta lista en esta fecha. Es uno de los primeros de la presente lista que apostó por Twitter, al unirse a este canal en febrero de 2011.

Tweets: 9.397

Siguiendo: 2.083 • **Seguidores:** 6.154

Índice Klout (marzo de 2017): 66



Francisco José Lucas (@curro_lucas) es ingeniero de Caminos especialista en Ingeniería Civil ligado a la empresa Repsol Asfaltos. Es también presidente de la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (Ateb, @ateb_es). Apuesta en su presentación por el uso del hashtag #Carreteras. Autor del blog menosde140palabras.com. Se unió en enero de 2012

Tweets: 6.885

Siguiendo: 3.338 • **Seguidores:** 5.404

Índice Klout (marzo de 2017): 65



Miguel Ángel del Val (@delValMA) es catedrático de Ingeniería de Carreteras en la Universidad Politécnica de Madrid (@La_UPM). Como ocurre con los más re-

presentativos expertos del sector, complementa su presencia en el mundo de las redes sociales desde el blog nosolocarreteras.blogspot.com.es. Se unió a Twitter en mayo de 2013.

Tweets: 15,8 K

Siguiendo: 263 • **Seguidores:** 3.271

Índice Klout (marzo de 2017): 59



Ángel Sampedro (@angelsampi) es director de Ingeniería Civil y de Caminos en la Universidad Alfonso X el Sabio (@universidad_uax) y consultor en infraestructuras del transporte. Parar, templar, y mandar...

es su tarjeta de presentación. Se unió a Twitter en septiembre de 2012.

Tweets: 14,2 K

Siguiendo: 1.479 • **Seguidores:** 1.799

Índice Klout (marzo de 2017): 55



Jacinto Luis García Santiago (@Jacintoluisgs) expone sus conocimientos en ingeniería civil y acerca de otras aficiones desde el blog jluisgsa.blogspot.com.es, titulado 'Motores y Carreteras' y, desde enero de

2013, también figura como miembro destacado de la comunidad Twitter.

Tweets: 5.573

Siguiendo: 199 • **Seguidores:** 1.485

Índice Klout (marzo de 2017): 54

Los profesionales del sector del asfalto más activos en redes sociales



Ricardo Bardasano (@BardasaGen), ingeniero de caminos y profesional de la ingeniería de pavimentos, se define como 'técnico 2.0'. Su actividad se concreta en los hastag #pavimentos y #carreteras. Es también autor del blog '@PaveIng'. Se unió en marzo de 2013.

Tweets: 14,1 K

Siguiendo: 518 • **Seguidores:** 1.470

Índice Klout (marzo de 2017): 54



Daniel Andaluz (@daniel_andaluz) es director gerente de la Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (Ateb, @ateb_es). Se unió en junio de 2013.

Tweets: 2.573

Siguiendo: 359 • **Seguidores:** 716

Índice Klout (marzo de 2017): 47



José Luis Peña (@joluperd) es el director general de la Plataforma Técnica de la Carretera (@PTCarretera) y colaborador de Asefma (@asefma_es). Se unió en octubre de 2013.

Tweets: 771

Siguiendo: 284 • **Seguidores:** 620

Índice Klout (marzo de 2017): 46



Jorge Antonio Moreno (@lavoragine135), ingeniero técnico de obras públicas e ingeniero de caminos, canales y puertos en JI-CAR, S. A. En su cuenta de Twitter se define como inquieto por naturaleza y destaca el hastag #carreterasprovinciales. Se unió en enero de 2011.

Tweets: 6.398

Siguiendo: 843 • **Seguidores:** 775

Índice Klout (marzo de 2017): 46



Jacobo Díaz Pineda (@yagodiazpi). Este ingeniero coruñés es el director de la Asociación Española de la Carretera (@aeca-retera). Se unió en julio de 2011.

Tweets: 2.782

Siguiendo: 182 • **Seguidores:** 391

Índice Klout (marzo de 2017): 45



Alberto Bardesi (@AlbertoBardesi). Amigos, ingeniería, carreteras, asfaltos y gemas son las grandes pasiones de este profesional del sector, que ha tenido una trayectoria ascendente en el escaso mes desde que se incorporó a las redes sociales.

Tweets: 182

Siguiendo: 324 • **Seguidores:** 218

Índice Klout (marzo de 2017): 44



José Luis Prieto (@josefoprieto), vicepresidente de la European Association of the Bitumen Industry (@eurobitume), es pionero de esta lista, pues se unió en junio de 2010.

Tweets: 135

Siguiendo: 52 • **Seguidores:** 137

Índice Klout (marzo de 2017): 42



José Antonio Soto (@soto228pepe). Este experto en el sector y miembro del Comité Editorial de la revista Asfalto y Pavimentación comenzó su andadura en las redes sociales en enero de 2013.

Tweets: 1.089

Siguiendo: 136 • **Seguidores:** 227

Índice Klout (marzo de 2017): 36



Jorge Ortiz Ripoll (@JortizRipoll) es ingeniero de Caminos que actualmente ejerce como responsable de I+D+i en Benito Arnó además de consultor. Su incorporación a Twitter ha tenido lugar recientemente, en febrero de 2017, pero lo destacamos por su experiencia en el sector.

Tweets: 13

Siguiendo: 84 • **Seguidores:** 73

Índice Klout (marzo de 2017): 32

Observatorio del sector

Desde esta sección se irán incluyendo indicadores que permitan obtener una radiografía del sector de la carretera, considerando datos de tipo económico. En esta ocasión reproducimos las estadísticas de EAPA correspondientes a 2015, publicadas en enero de 2017, sobre producción en los diferentes países que conforman la asociación.

TOTAL PRODUCTION

TOTAL PRODUCTION OF HOT AND WARM MIX ASPHALT FROM 2008 TO 2015
(in million tonnes)

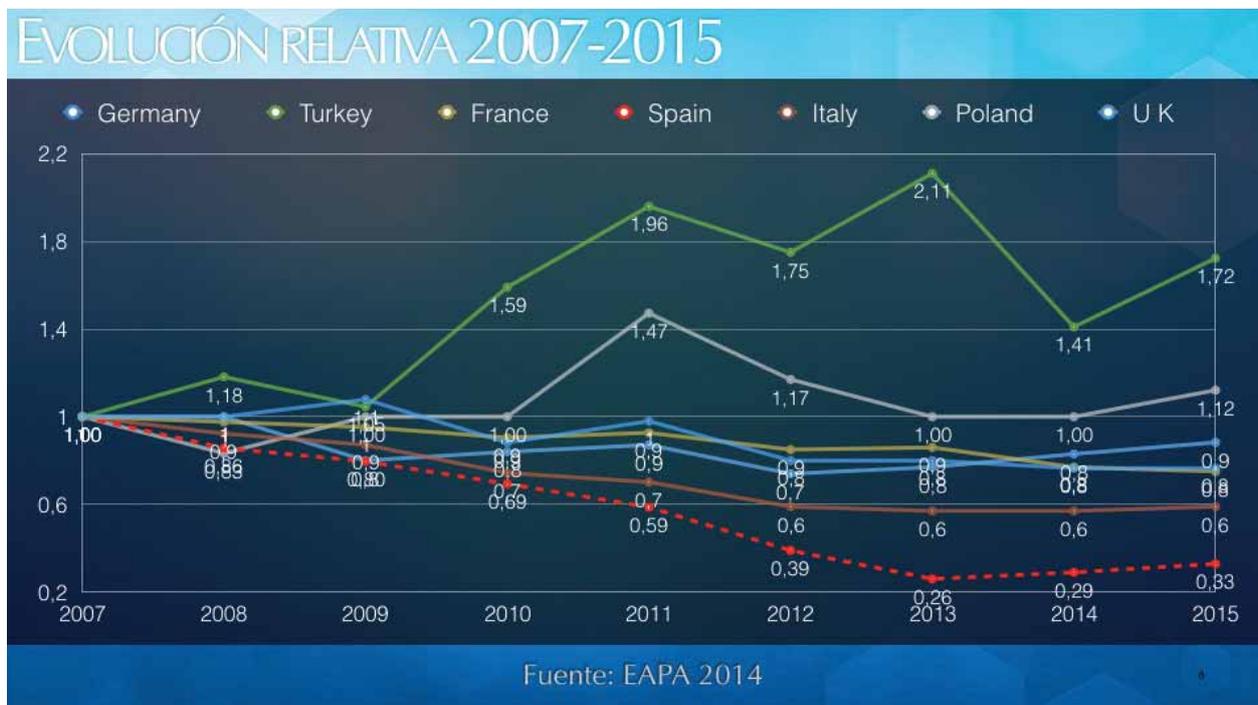
Country	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Austria	9,5	9,0	8,2	8,0	7,2	7,0	7,2	7,2
Belgium	4,9	4,7	4,8	5,9	5,6	5,3	5,2	5,0
Croatia	4,2	3,2	2,7	2,6	2,5	2,8	2,3	2,2
Czech Republic	7,3	7,0	6,2	5,8	5,6	5,4	6,4	8,0
Denmark	3,1	2,7	3,2	4,0	3,6	3,7	3,7	3,7
Estonia	1,5	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5
Finland	6,0	5,2	4,9	5,0	4,5	4,5	4,7	5,4
France	41,8	40,1	38,8	39,2	35,3	35,4	31,9	31,5
Germany	51,0	55,0	45,0	50	41	41,0	39,0	39,0
Great Britain	25,0	20,5	21,5	22,4	18,5	19,2	20,6	21,9
Greece	8,1	8,7	5,2	2,3	1,6	2,7	2,7*	2,5*
Hungary	2,5	1,6	3,4	2,3	2,5	2,7	3,8	3,9
Iceland	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Ireland	2,8	3,3	2,3	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9
Italy	36,5	34,9	29,0	28	23,2	22,3	22,3	23,1
Latvia	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*
Lithuania	2,2	1,5	1,6	1,6	1,3	1,3*	1,3*	1,6
Luxembourg	0,6*	0,6	0,7	0,65	0,61	0,7	0,7*	0,7
Netherlands	9,3	9,8	9,5	9,6	9,2	9,7	9,0	8,0
Norway	5,7	6,5	5,9	6,7	6,3	6,4	7,0	6,9
Poland	15,0	18,0	18,0	26,5	21,1	18,2	16,5	18,5
Portugal	9,0*	9,0*	6,7	6,4	6,4*	6,4*	6,4*	6,4*
Romania	3,3	3,6	3,2	3,6	3,2	4,1	4,5	4,5*
Serbia	no data	1,3	1,3					
Slovakia	2,2*	2,2	1,9	2,2	1,9	1,6	1,5	2,7
Slovenia	2,6	2,3	1,8	1,3	1,1	1,2	1,4	1,6
Spain	42,3	39,0	34,4	29,3	19,5	13,2	14,5	16,4
Sweden	8,7	8,1	7,9	8,1	7,7	7,6	8,5	8,2
Switzerland	5,3	5,4	5,3	5,4	4,8	4,8	6,5	6,5*
Turkey	26,6	23,1	35,3	43,5	38,4	46,2	30,9	37,9

EU-28	300,0	291,6	262,6	268,5	226,7	219,7	217,7	225,9
Europe	338,0	326,9	309,3	324,3	276,4	277,3	263,7	278,8

Australia	9,5	9,5*	7,5	no data	8,8	no data	9,1	no data
New Zealand	no data	no data	no data	no data	1,0	1,0	no data	no data
Japan	49,6	49,6	44,7	45,6	47,3	49,9	45,0	41,9
Ontario - Canada	13,2*	13,2*	14	13,5	13,0	no data	13,8	14,2
USA	440	324	326	332	326,9	318,1	319,0	331,0
South Africa	no data	no data	no data	5,7	5,7	5,5	5,4	4,8
South Korea	no data	35,6	20,7	no data	23,2	26,2	no data	no data

Más información: [http://www.eapa.org/userfiles/2/Asphalt in Figures/2016/AIF_2015_v6.pdf](http://www.eapa.org/userfiles/2/Asphalt%20in%20Figures/2016/AIF_2015_v6.pdf)

Asefma anuncia un descenso del 19,5% en la producción de asfalto



DATOS APORTADOS POR REPSEL, CEPISA, GALP Y DITEPESA

PRIMERA ESTIMACIÓN 2016 (CONSUMO BETÓN ESPAÑA)

Valor en millones de toneladas consumidas en España	TOTAL (M)
Valor para ABC	446.382
Valor para autopistas	78.127
Valor para BAP	63.919
Total	588.428

El sector ha cerrado 2016 con una cifra estimada de producción de 13,2 millones de toneladas, lo que supone una caída del 19,5% respecto al ejercicio anterior. Tras dos años de ligero repunte, la actividad productiva sufre un grave retroceso y cierra con el peor resultado productivo de las últimas décadas. El número de empresas activas para 2015, según datos de EAPA, también se reduce un 22,1%. Sin embargo, los datos del último ejercicio económico habría que situarlos en el contexto de inestabilidad política, que no económica, y el último trimestre del 2016 registró un ligero repunte. En materia

de licitaciones en refuerzo de firmes, la preocupación de los fabricantes españoles de asfalto ponen de manifiesto la muy escasa actividad de las comunidades autónomas para conservar la red viaria. Además de graves consecuencias económicas, el deterioro de las carreteras también incide negativamente en el medio ambiente, al aumentar el consumo de combustible y las emisiones de CO₂.



Colección de Monografías, en papel, de Asefma

En estos 10 años, Asefma a través de sus Grupos de Trabajo ha generado una importante colección de monografías.

Ahora se ofrecen en formato papel, dentro de una caja portadocumentos de 30,5 x 21,5 forrada con pliego impreso estucado y plastificado, las primeras 12 monografías publicadas por Asefma.

Aproveche la ocasión de solicitar su colección de Monografías en papel.

Los socios de Asefma tienen un precio especial de **250€, más IVA**. Realice su pedido en asefma@asefma.com.es

MONOGRAFÍAS ASEFMA

Consulte en la web de Asefma los títulos de las 12 monografías

También disponibles en formato DVD



Innovar está en nuestros genes

En Repsol, la innovación forma parte de nuestra esencia. Por eso, en el Centro de Tecnología Repsol dedicamos todo nuestro esfuerzo a la investigación y desarrollo de asfaltos que hacen nuestras carreteras más seguras, eficientes y sostenibles.



REPSOL

Inventemos el futuro

Más información en [repsol.com](https://www.repsol.com)